

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Electrotécnica

*Sistema computacional de apoio à microgeração baseada
em movimentos naturais*

Por

Nuno Filipe Reis Martins Dias

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologias
da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Celson Pantoja Lima

Lisboa

2010

AGRADECIMENTOS

Este trabalho simboliza a finalização de um importante objectivo na minha vida, a realização da minha formação académica. Durante estes anos de estudo não seria possível atingir esta meta final, sem a criação de novas amizades, desenvolvimento pessoal e o apoio de todos os que sempre acreditaram em mim.

Gostaria de agradecer aos meus queridos pais por todo o incentivo, apoio e tolerância que me deram ao longo deste percurso e que sem eles não me seria possível finalizar.

À Rita, a minha melhor amiga e companheira de vida, por todo o apoio e motivação que sempre me deu, por me acompanhar, me tornar uma pessoa melhor e pelos momentos que não pude estar contigo, os meus profundos agradecimentos.

Aos meus amigos de longa data, aos novos amigos e colegas que conheci durante este percurso, que me ajudaram e acompanharam, gostaria de deixar um especial obrigado.

Ao Professor Celson Pantoja Lima pela orientação na realização desta dissertação. Por estes últimos dois anos, pela motivação, paciência, conhecimento, experiências, convívio, alegria, amizade e tempo disponibilizado, o meu mais sincero obrigado.

SUMÁRIO

Ao longo dos anos, o ser humano tem procedido ao desenvolvimento tecnológico para melhorar as suas condições no planeta. Este desenvolvimento fez surgir uma dependência energética, e por consequência, o ser humano apercebeu-se que as matérias-primas não devem ser desperdiçadas. A procura de novos recursos energéticos despertou no homem a criação de tecnologias que tiram proveito das energias renováveis.

As energias renováveis são essenciais para o fornecimento energético. Contribuem para a diminuição da dependência dos recursos fósseis e providenciam oportunidades para diminuir o efeito de estufa.

A microgeração é uma forma de geração energética que tira proveito das energias renováveis, sendo utilizada, em pequena escala, nas habitações. Dentro dos sistemas de microgeração, começam a surgir tecnologias que tiram proveito do homem como fonte energética.

É imprescindível o desenvolvimento de um software que possa ajudar nos sistemas de microgeração humana, nomeadamente, os respectivos dispositivos físicos, o processo de geração energética e a gestão da energia gerada.

O software apresentado nesta dissertação, *HumanEnergySystem*, permitiu apoiar o ser humano na gestão energética, numa habitação, pelo processo de microgeração humana.

ABSTRACT

Over the years, the human being has carried technology development to improve their conditions on the planet. This development gave rise to an energy dependency, and therefore, the human being realized that raw materials should not be wasted. The search for new energy resources made man develop technologies that take advantage of renewable energy.

Renewable energies are essential to provide energy. They contribute to reduce fossil resources dependence and provide opportunities to lower the greenhouse effect.

The microgeneration is a way of energy generation that takes advantage of renewable energies, being used, in a small scale, at residences. Within the microgeneration systems, it starts to emerge technologies that take advantage of man as an energy source.

It is imperative to develop software that can help human microgeneration systems, in particular, the physical devices, the energy generation process and the management of energy generated.

The software presented in this dissertation, *HumanEnergySystem*, supports the human being in energy management, in a house, through the human microgeneration process.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

CPC - Compound Parabolic Collector

CTC - Cylindrical Trough Collector

DER - Diagrama Entidade Relacionamento

EMC - Energy Management Client System

EMS - Energy Management Server System

ETC - Evacuated Tube Collector

FPC - Flat Plate Collector

HFC - Heliostat Field Collector

iCE - internal Combustion Engine

ICE - Interface, Control and Entity

LCD - Liquid Crystal Display

LFR - Linear Fresnel Reflector

PDR - Parabolic Dish Reflector

PTC - Parabolic Trough Collector

UML - Unified Modeling Language

WHAN - Wireless Home Area Network

XML - eXtensible Markup Language

Uso de Termos Oriundos de Outras Línguas

Devido a esta dissertação estar incluída numa área tecnológica onde termos provenientes de outras línguas têm grande predominância foi decidido acrescentar uma lista com os referidos termos. Estes estarão em itálico para que se possam distinguir do documento. Lista dos termos usados nesta dissertação:

- *Desktop* - Computador para uso regular numa determinada localização.
 - *Framework* - Conjunto de classes disponibilizadas às linguagens que a usam.
 - *Hub* - Dispositivo que possibilita uma conexão entre computadores numa rede local.
 - *Internet* - É uma rede de computadores que comunicam de forma transparente ao utilizador através de um protocolo de comunicação.
 - *PocketPC* - Dispositivo móvel que corre o sistema operativo *Windows Mobile* da *Microsoft*. Usado principalmente para correr aplicações da *Microsoft* e a interacção é via ecrã táctil.
 - *Web service* - Serviço que permite a integração e normaliza os recursos disponibilizados entre aplicações.
 - *Website* - Documento que suporta diversos tipos de dados e está disponível na *Internet*.
-

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do Problema	1
1.2. Objectivo do Trabalho	2
1.3. Visão do Trabalho	3
1.4. Contexto de Desenvolvimento	4
1.5. Organização do Documento.....	5
2. MICROGERAÇÃO - SISTEMAS E SOFTWARE	7
2.1. Sistemas de Microgeração.....	7
2.1.1. Painéis Solares Fotovoltaicos.....	8
2.1.2. Painéis Solares Térmicos	11
2.1.3. Turbinas Eólicas	15
2.1.4. Micro-Cogeração	16
2.1.5. Sistemas Geotérmicos.....	16
2.1.6. Biomassa.....	17
2.1.7. Microgeração Humana	18
2.2. Software energético auxiliar para habitações.....	21
2.2.1. Software de gestão energética em habitações.....	21
2.2.2. Software <i>de Apoio à Microgeração</i>	24
3. REQUISITOS E MODELO CONCEPTUAL	29
3.1. Escolha para Representação do Trabalho.....	29
3.2. Elementos Conceptuais e Processo	30
3.3. Caracterização do Sistema PER-MAN e Requisitos	32
3.4. Arquitectura Conceptual.....	34
3.5. Vista Funcional.....	36
4. IMPLEMENTAÇÃO	41
4.1. Escolhas Tecnológicas	41
4.2. Infra-Estrutura do Software HumanEnergySystem	42
4.2.1. Vista Estática.....	42
4.2.2. Diagrama de Entidade Relacionamento	54

4.2.3. Vista Dinâmica	56
4.3. Cenário de Validação	63
5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	71
5.1. Síntese Geral.....	71
5.2. Contribuição da Pesquisa.....	72
5.3. Trabalhos Futuros	73
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXO A. DIAGRAMAS DE CLASSES	77
ANEXO B. DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DO EMS	81
ANEXO C. DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DO EMC	85
ANEXO D. OUTROS EXEMPLOS DE INTERFACE.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Tipos de materiais semicondutores das células fotovoltaicas [6].	9
Figura 2-2 – Esquema de um sistema fotovoltaico [7].	10
Figura 2-3 - Constituição de um colector plano.	12
Figura 2-4 – Esquema exemplificativo da termossifão.	14
Figura 2-5 – Bilheteiras da estação de Tóquio [21].	20
Figura 2-6 – Exemplo de gráfico comparativo que se pode obter com o software <i>Energy Lens</i> [25].	22
Figura 2-7 – Componentes do <i>AlertMe Energy</i> . Da esquerda para a direita: <i>AlertMe Meter Reader</i> , <i>AlertMe Hub</i> , <i>SmartPlug</i> , dispositivo móvel e monitor para usar o <i>AlertMe Online Dashboard</i> [26].	23
Figura 2-8 – Interface do <i>website</i> utilizada pelo <i>Optimal Monitoring System</i> [27].	24
Figura 2-9 – Interface gráfica do <i>Renewable System Monitoring</i> [28].	25
Figura 2-10 – Exemplo da interface da aplicação móvel <i>Monitoring On-The-Go</i> [29].	26
Figura 2-11 – Exemplo de interface da aplicação <i>Flashview</i> [30].	27
Figura 3-1 - Ilustração dos elementos fundamentais suportados por este trabalho.	30
Figura 3-2 – Ilustração do processo de microgeração humana.	31
Figura 3-3 - Requisitos do <i>HumanEnergySystem</i> .	33
Figura 3-4 - Arquitectura conceptual do <i>HumanEnergySystem</i> .	35
Figura 3-5 - Casos de uso do EMS.	37
Figura 3-6 - Casos de uso do EMC.	39
Figura 4-1 - Classes da camada <i>Interface</i> do EMS.	44
Figura 4-2 - Classe de gestão de utilizadores, actividades e opções energéticas da camada <i>Control</i> do EMS.	45
Figura 4-3 - Classe de gestão dos dados gráficos da camada <i>Control</i> do EMS.	45
Figura 4-4 – Classes de sincronismo da camada <i>Control</i> do EMS.	46
Figura 4-5 - Classe responsável pelas actividades da camada <i>Entity</i> do EMS.	47
Figura 4-6 - Classe responsável pelas categorias da camada <i>Entity</i> do EMS.	47

Figura 4-7 – Classe responsável pelo histórico de consumo da camada <i>Entity</i> do EMS.....	48
Figura 4-8 – Classe responsável pelos dados da habitação da camada <i>Entity</i> do EMS.....	48
Figura 4-9 - Classe responsável pelos dados da comunicação <i>web service</i> da camada <i>Entity</i> do EMS.	49
Figura 4-10 – Classe responsável pelo histórico de geração energética da camada <i>Entity</i> do EMS.	49
Figura 4-11 - Classe responsável pelos perfis dos utilizadores da camada <i>Entity</i> do EMS.....	50
Figura 4-12 – Classes de entrada, dos utilizadores e das actividades da camada <i>Interface</i> do EMC.	50
Figura 4-13 – Classe responsável pelo processo de geração da camada <i>Interface</i> do EMC.....	51
Figura 4-14 - Classe responsável pelas opções de comunicação da camada <i>Interface</i> do EMC.....	51
Figura 4-15 - Classe que comunica com o microgerador da camada <i>Control</i> do EMC.....	52
Figura 4-16 -: Classes de sincronismo da camada <i>Control</i> do EMC.	52
Figura 4-17 - Classe responsável pelas actividades da camada <i>Entity</i> do EMC.	53
Figura 4-18 - Classe responsável pelos tipos de categorias da camada <i>Entity</i> do EMC.....	53
Figura 4-19 - Classe responsável pelo histórico de geração da camada <i>Entity</i> do EMC.....	54
Figura 4-20 - Classe responsável pelos perfis dos utilizadores da camada <i>Entity</i> do EMC.....	54
Figura 4-21 – Diagrama de Entidade Relacionamento utilizado no trabalho....	55
Figura 4-22 - Diagrama de sequência Editar Actividades do EMS.....	57
Figura 4-23 - Diagrama de sequência Mostrar Geração versus Consumo do EMS.....	59
Figura 4-24 - Diagrama de sequência Mostrar Estado Energético do EMS.	60
Figura 4-25 - Diagrama de sequência Começar Geração do EMC.	61
Figura 4-26 - Diagrama de sequência Sincronizar do EMC.	62
Figura 4-27 - Interface principal do EMS.....	63

Figura 4-28 - Interface do Administrador com a opção Advanced seleccionada.	65
Figura 4-29 – Da esquerda para a direita: Interface de entrada do EMC e a interface com as opções de comunicação do EMC.	65
Figura 4-30 – Da esquerda para a direita: interface com a lista de utilizadores e a interface com as actividades atribuídas ao utilizador previamente seleccionado.	66
Figura 4-31 - Interface de geração do EMC.	66
Figura 4-32 – Pedido de sincronismo do EMC.	67
Figura 4-33 – Alteração na barra de progresso de geração existente no EMS.	67
Figura 4-34 – Gráfico de Geração versus Consumo.	68
Figura 4-35 – Interface que mostra o perfil de um Utilizador.	69
Figura 4-36 – Gráfico do Histórico Pessoal de Geração.	69
Figura 4-37 – Gráfico de actividades.	70
Figura A-1 - Diagrama de classes do EMS – Camada Interface.	77
Figura A-2 - Diagrama de classes do EMS – Camada Control.	78
Figura A-3 - Diagrama de classes do EMS – Camada Entity – Parte1	78
Figura A-4 - - Diagrama de classes do EMS – Camada Entity – Parte2.	79
Figura A-5 - Diagrama de classes do EMC.	80
Figura B-1 – Diagrama de sequência Sincronizar.	81
Figura B-2 – Diagrama de sequência Gerir indivíduos.	82
Figura B-3 – Diagrama de sequência Definir Opções de Comunicação.	82
Figura B-4 – Diagrama de sequência Editar Perfil.	83
Figura B-5 – Diagrama de sequência Mostrar Histórico Pessoal de Geração.	83
Figura B-6 – Diagrama de sequência Mostrar Evolução de Geração Energética.	84
Figura C-1 – Diagrama de sequência Mostrar Progresso de Geração.	85
Figura C-2 – Diagrama de sequência Seleccionar Utilizador.	85
Figura C-3 - Diagrama de sequência Seleccionar Actividade.	86
Figura C-4 - Diagrama de sequência Mostrar Nível de Bateria.	86
Figura D-1 - Interface do Administrador com a opção Advanced seleccionada.	87
Figura D-2 – Criação de um novo membro no <i>HumanEnergySystem</i> .	88
Figura D-3 - Interface do Administrador com a opção Activities seleccionada.	88
Figura D-4 – Editar actividade Mopping.	89
Figura D-5 - Interface do Administrador com a opção Energy seleccionada.	90

Figura D-6 – Menu principal do EMS com o novo utilizador.....	90
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Rendimento eléctrico das principais células fotovoltaicas [6].	10
Tabela 2.2 - Colectores solares e as respectivas características [9].	13

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objectivo dar ao leitor o enquadramento no qual o trabalho foi desenvolvido, com uma introdução global sobre as suas finalidades do e, finalmente, a estrutura deste.

1.1. Enquadramento do Problema

Ao longo da história, a dependência energética das sociedades tem vindo a aumentar, particularmente após a Revolução Industrial. O tamanho, crescimento e a distribuição geográfica da população humana influencia a necessidade da energia e os meios escolhidos para igualar essa necessidade. Da mesma maneira, a disponibilidade, custos, impactos da energia e a eficiência na qual a energia é usada são factores importantes para se definir quantas pessoas conseguem ser suportadas (regiões diferentes e o planeta como um todo) e com que qualidade de vida [1].

A energia está presente em toda a cadeia de recursos, desde a queima das matérias-primas (como a madeira, o petróleo, o carvão e o gás natural) até aos serviços de alto nível (transporte, saúde, educação e entretenimento) necessários da sociedade. A energia é um elemento indispensável, uma fonte de grandes impactos no ambiente e tornou-se um recurso valioso que não deve ser desperdiçado.

Com o incremento do uso energético aparece associado um crescimento das emissões de gases de efeito de estufa (proveniente dos recursos fósseis) e um aumento do aquecimento global. Ou seja, o uso dos recursos fósseis tem agravado a capacidade do planeta em reter os gases de efeito de estufa aumentando a temperatura terrestre.

As fontes energéticas renováveis contribuem para o suporte energético necessário para o mundo e a respectiva redução de abuso dos recursos fósseis [2]. O desenvolvimento tecnológico conduz a tecnologias de produção energéticas que visam substituir as tecnologias convencionais e aproveitar os recursos renováveis [3]. A microgeração nasce deste desenvolvimento tecnológico tornando-se um caso particular das tecnologias que usam recursos renováveis. A microgeração proporcionou a produção de energia eléctrica junto dos utilizadores finais, permitindo criar uma rede descentralizada e tornar-se um contributo viável na produção energética.

1.2. Objectivo do Trabalho

O trabalho tem como objectivo o desenvolvimento de um software, com o nome ***HumanEnergySystem***, que serve de suporte à gestão da microgeração de energia produzida através dos movimentos naturais efectuados por indivíduos dentro da sua própria casa. Todo o controlo da energia é englobado num processo contínuo e deve ser tratada tendo em conta duas fases principais: as actividades de geração e a gestão energética.

As actividades de geração correspondem a actividades diárias realizadas dentro de uma casa (limpeza, lavar a loiça, exercício físico, entre outros) e serão a fonte principal do processo de microgeração de energia. Os utilizadores vão depender da supervisão do *HumanEnergySystem* para acompanhar esta fase de geração de energia e da gestão energética para a gestão dos indivíduos, actividades e os valores de energia gerada e consumida. Isto inclui a optimização das actividades de acordo com o perfil do utilizador, a atribuição de um valor alvo de geração e o acompanhamento dos valores gerados. Assim torna-se possível disponibilizar um histórico de geração e a respectiva comparação com o consumo

energético, motivar os utilizadores com informação gráfica sobre o desempenho destes como indivíduo e/ou grupo e permitir a publicação destes valores para a existência de uma partilha/troca de energia dentro de uma comunidade.

1.3. Visão do Trabalho

Nos dias que correm existem dois grandes problemas na humanidade. O primeiro problema surge do aumento rápido da população humana das últimas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento. A sobrepopulação está a causar problemas a nível social, ambiental e económico [1]. O segundo problema é a procura de energia, quer a nível do cidadão individual quer ao nível do colectivo. Estes dois problemas em conjunto aumentam a urgência de o ser humano em encontrar alternativas que minimizem a dependência energética.

O ser humano tem evoluído neste campo, não apenas a nível de mentalidade como também no campo tecnológico. Tem-se feito uma aposta forte no campo de investigação que diz respeito à redução da necessidade energética dos edifícios. Neste sentido, têm-se optado por medidas como o melhor isolamento de portas e janelas; o melhor isolamento térmico passivo (vidro duplo); a gestão activa da energia/ventilação que envolve a recuperação de calor. Não obstante, apenas este tipo de alternativa não gera a energia necessária para funcionar os equipamentos, aquecer espaços ou controlar o ambiente. A energia necessária é proveniente da rede de distribuidores de energia ou da produção energética por parte de equipamentos que tirem proveito de fontes renováveis.

No entanto, o ser humano pode ser adicionado como fonte energética. É possível que cada um contribua para a redução da sua dependência energética ao gerar parte do seu consumo energético através do uso de dispositivos que suportem a microgeração humana. Quando, num futuro próximo, estes dispositivos forem

suficientemente poderosos para ajudar no processo de produção de energia, serão desenvolvidas ferramentas de software de suporte ao processo de microgeração.

É de esperar que a tecnologia desenvolvida se traduza numa ferramenta que possibilite o suporte da utilização da microgeração humana, simplificando o processo de geração e de gestão energética. Desta forma, será um apoio e incentivo aos indivíduos na sua própria contribuição física para a redução da dependência energética.

1.4. Contexto de Desenvolvimento

O trabalho foi desenvolvido no conceito do projecto PER-MAN (*Personal EnERgy MANagement*) e foi apresentado no concurso nacional *Microsoft Imagine Cup 2009* na competição de desenvolvimento de software. Foi arrecadado pelo grupo o primeiro lugar na competição e consequentemente a representação na final mundial do concurso.

O projecto PER-MAN tinha como objectivo a criação de um sistema que demonstrasse que as pessoas através dos seus próprios movimentos naturais (actividades) são capazes de gerar e armazenar energia, utilizar essa energia dentro de um espaço de habitação e poder partilhar/trocar a energia com uma comunidade.

O projecto PER-MAN divide-se em três níveis operacionais (geração, gestão e internet). No nível de geração é onde os utilizadores são responsáveis pelo processo de geração de energia. Utilizarão um dispositivo projectado especificamente para o processo de geração e para a acumulação da energia criada durante a execução das actividades diárias. O nível de gestão é onde se encontra o *HumanEnergySystem*. O nível internet disponibiliza serviços via *web services* e uma página na *internet* onde os utilizadores podem partilhar a sua informação num contexto de uma rede comunitária.

1.5. Organização do Documento

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, nomeadamente:

1. **INTRODUÇÃO:** é apresentado ao leitor o enquadramento, objectivo e visão do trabalho com o intuito de clarificar e motivar o leitor para o resto da leitura do documento.
 2. **MICROGERAÇÃO - SISTEMAS E SOFTWARE:** tem o motivo de apresentar uma abordagem geral sobre o estado da arte nas áreas abrangentes do trabalho, particularmente, os sistemas de microgeração e informáticos aplicáveis em habitações.
 3. **REQUISITOS E MODELO CONCEPTUAL:** este capítulo apresenta ao leitor uma análise relativa aos objectivos apresentados na dissertação. Descreve a modelação conceptual, a arquitectura e a vista funcional do sistema.
 4. **IMPLEMENTAÇÃO:** este capítulo apresenta ao leitor a implementação efectuada na dissertação. Descreve as tecnologias utilizadas, a estrutura e organização do sistema e por fim um exemplo de utilização.
 5. **CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS:** estão expostas as conclusões retiradas da dissertação e são referidas algumas indicações sobre trabalhos futuros que poderão vir a ser implementados.
-

2. MICROGERAÇÃO - SISTEMAS E SOFTWARE

Esta secção inicia-se com a introdução à microgeração e o respectivo conceito. De seguida, são apresentadas as tecnologias disponíveis para produção de energia em habitações e as diferentes formas de operacionalização destas tecnologias via software.

2.1. Sistemas de Microgeração

A necessidade da redução das emissões de gases com efeito de estufa juntamente com o aparecimento de novas tecnologias de produção distribuída mais eficientes e mais amigas do ambiente tem conduzido a novos desafios no que diz respeito às explorações dos sistemas de energia.

A microgeração tem sido definida de maneiras diferentes de acordo com o respectivo autor, por exemplo:

- “definida como a actividade de produção de electricidade em baixa tensão ou de geração de calor, tem também contribuído para a mudança de filosofia de operação dos sistemas de energia” [3];
- “a produção de electricidade (e calor) em casas individuais” [4];
- “Microgeração é definida como zero e baixa produção de carbono em escalas menores. É definida como até 50kW¹ de energia eléctrica e 45kW de geração de calor” [5].

¹ Unidade de potência correspondente a 1000 Watt.

A microgeração apresenta-se como um caminho economicamente viável ao alcance da alimentação e/ou aquecimento a nível residencial demonstrando desempenhos ambientais eficientes possuindo baixas emissões de gases de efeito estufa.

Dentro das energias renováveis, consideram-se as seguintes tecnologias como sistemas de microgeração aplicáveis em edifícios: painéis solares fotovoltaicos e térmicos, turbinas eólicas, sistemas geotérmicos, micro-cogeração e biomassa. Todos estes serão descritos a seguir.

2.1.1. Painéis Solares Fotovoltaicos

A palavra “fotovoltaico” é constituída por duas partes: *foto*, que deriva da palavra Grega usada para luz e *volt*, relacionado ao pioneiro da electricidade Alessandro Volta. Foi em 1839 que um físico experimental francês Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, a conversão da energia luminosa em energia eléctrica. É exactamente isso que os painéis solares fotovoltaicos fazem ao serem constituídos por um conjunto de células solares que tem a função de converter directamente a energia solar em electricidade. Quando a luz incide numa célula fotovoltaica, ela pode ser absorvida, reflectida ou passar por este; no entanto, apenas a luz absorvida gera energia. O tamanho dos sistemas de painéis solares fotovoltaicos depende principalmente da quantidade de luz solar existente numa localização e a necessidade do consumidor. Na Figura 2-1 são apresentados os diversos tipos de materiais semicondutores das quais as células solares podem ser constituídas.

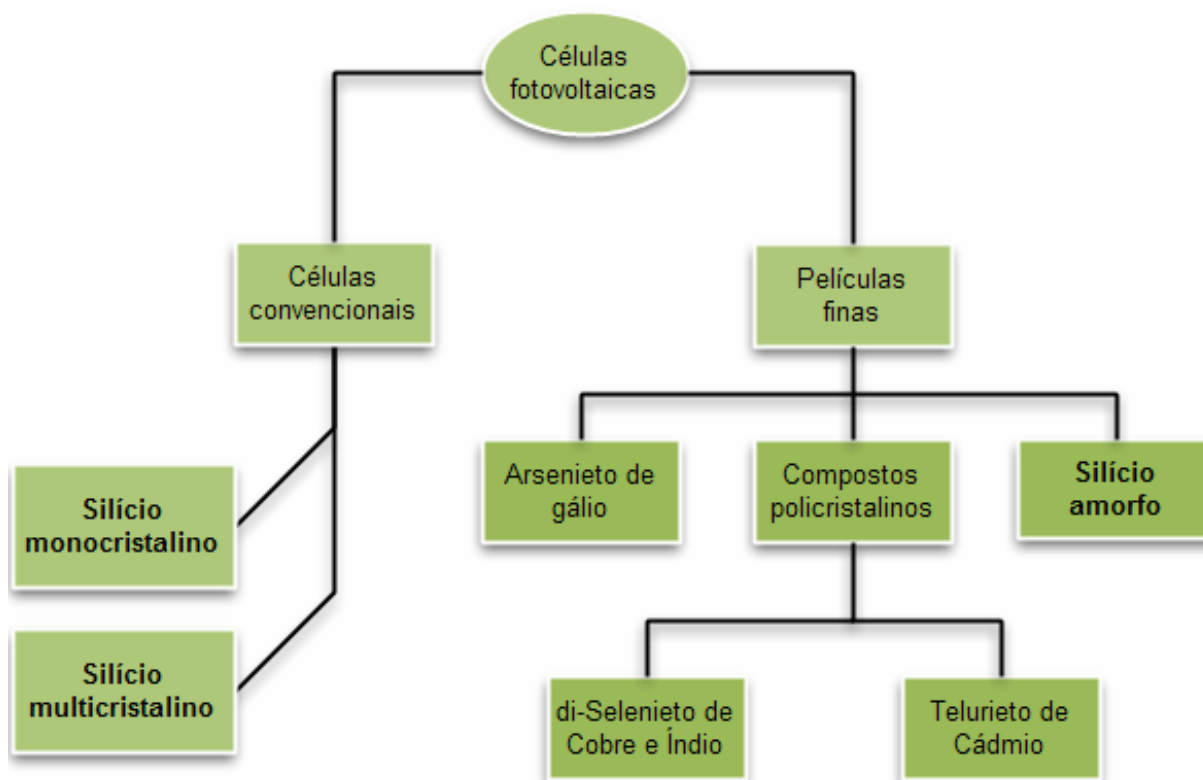


Figura 2-1 – Tipos de materiais semicondutores das células fotovoltaicas [6].

Dentro dos materiais apresentados consideram-se os seguintes três os mais utilizados no fabrico dos painéis solares e os respectivos rendimentos (Tabela 2.1):

- **silício monocristalino:** apresenta o melhor rendimento. No entanto, para se realizar a sua produção é imprescindível o uso de técnicas complexas, tornando-se o de custo superior para criação.
- **silício multicristalino:** possui um custo de produção e rendimento inferior ao silício monocristalino e superior ao silício amorfo.
- **silício amorfo:** é o que oferece os rendimentos mais baixos mas é o mais barato para o desenvolvimento.

Tabela 2.1 - Rendimento eléctrico das principais células fotovoltaicas [6].

Tecnologia	Rendimento típico (indústria)	Rendimento máximo
Silício monocristalino	entre 12 a 16%	22.7%
Silício multicristalino	entre 11 a 14%	15.3%
Silício amorfo	entre 5 a 8%	10.2%

Existem diversos modos aplicacionais dos painéis solares fotovoltaicos. Estes podem funcionar em locais remotos onde não existe acesso à central eléctrica ou em grande escala nas centrais solares. No entanto, nesta dissertação apenas serão apresentados as aplicações em habitações. Na Figura 2-2 apresenta-se a composição de um sistema solar fotovoltaico quando aplicado a uma residência.

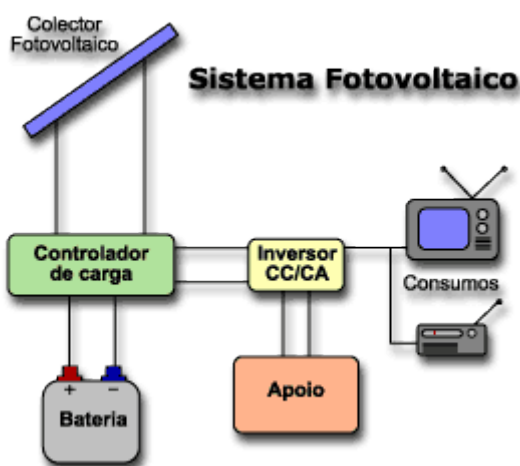


Figura 2-2 – Esquema de um sistema fotovoltaico [7].

Após o painel fotovoltaico (representado na imagem como colector fotovoltaico) converter a energia solar esta irá ser transmitida para a bateria ou para o inversor de corrente contínua / corrente alternada. Esta decisão é tomada pelo controlador de carga. Este tem o papel de orientar a entrada e saída da energia eléctrica na bateria e/ou a passagem da energia eléctrica para o inversor. A bateria tem a função de acumular a energia para uso posterior. Considerando a corrente produzida pelos

painéis contínua e de baixa tensão é necessária a existência de um inversor, para o uso adequado nos equipamentos eléctricos da habitação [8]. Um sistema auxiliar (gerador) pode compensar a falta de energia, caso esta seja insuficiente.

Os proprietários de habitações podem também pensar em utilizar um sistema fotovoltaico para alimentar a sua própria rede em conjunto com a alimentação regular de uma casa. Isto traduz-se em diversas vantagens para o consumidor. Com o equipamento adequado o utilizador pode fornecer parte da necessidade energética, armazenar parte desta energia para utilizar durante a noite ou em dias chuvosos e ao mesmo tempo sem gastar nenhum tipo de combustível e sem gerar poluição. Se desejar e concordar com a legislação é possível vender energia gerada através do sistema fotovoltaico e poder poupar parte dos custos energéticos.

2.1.2. Painéis Solares Térmicos

Uma variante da utilização da energia solar é através dos painéis solares térmicos. Estes painéis são colectores solares que transformam a energia da radiação solar em energia do fluído. Este dispositivo absorve a radiação solar, converte em calor e transfere este calor para o fluído (normalmente água ou água com anti-congelante) que flui pelo colector [9]. O fluído que circula pelo colector é transportado directamente para um depósito de água onde a energia é armazenada e transferida para a água de consumo ou para acumuladores de energia térmica para que esta possa ser aproveitada sistemas de aquecimento doméstico durante a noite e/ou dias nublados.

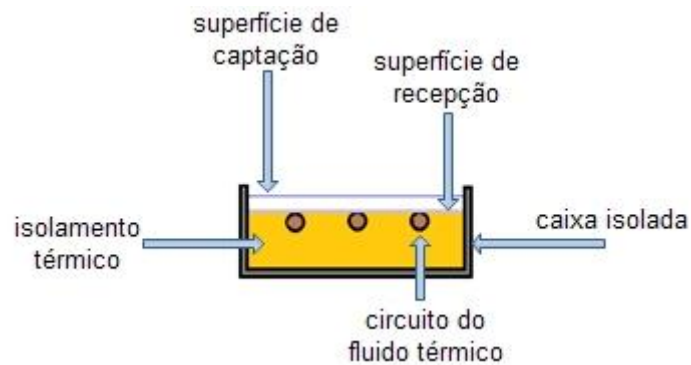


Figura 2-3 - Constituição de um coletor plano.

Na Figura 2-3 apresenta-se a constituição mais simples de um coletor solar.

Da constituição apresentada, entenda-se:

- **Caixa isolada:** protecção de toda a estrutura do coletor solar e permite evitar perdas de calor.
- **Isolamento térmico:** tal como o nome indica, serve para isolar termicamente o fluido térmico evitando percas na condutividade.
- **Superfície de captação:** cobertura transparente por onde a radiação solar passa. Tem o papel de reduzir a perda na conversão existente na superfície de recepção.
- **Superfície de recepção:** também conhecida como superfície/placa absorvente que ao receber a energia solar irá transformar esta em calor, transmitindo para o fluído térmico.
- **Circuito do fluído térmico:** série de tubos que transportam o fluído térmico em direcção a um depósito ou outro tipo de uso.

Os colectores solares são agrupados de acordo com o seu movimento (estacionários ou os que seguem o sol) e a temperatura a que actuam. Dentro destes colectores, também se considera importante a área de concentração. Esta consiste na relação entre a área de captação e a área de recepção. Os colectores

solares com maior concentração possuem perdas térmicas menores resultando na obtenção de temperaturas maiores. Ao possuir maior concentração significa que a área de recepção é menor que a área de captação, fazendo com que o ângulo na qual os raios solares tem que incidir diminua. Tendo em conta as características descritas temos os colectores apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Colectores solares e as respectivas características [9].

Movimento	Colector	Rácio de concentração	Intervalo de temperaturas (°C)
Estacionário	FPC (<i>Flat Plate Collector</i>)	1	30-80
	ETC (<i>Evacuated Tube Collector</i>)	1	50-200
	CPC (<i>Compound Parabolic Collector</i>)	1-5	60-240
Um eixo de rotação	LFR (<i>Linear Fresnel Reflector</i>)	10-40	60-300
	PTC (<i>Parabolic Trough Collector</i>)	15-45	60-250
	CTC (<i>Cylindrical Trough Collector</i>)	10-50	60-300
Dois eixos de rotação	PDR (<i>Parabolic Dish Reflector</i>)	100-1000	100-500
	HFC (<i>Heliostat Field Collector</i>)	100-1500	150-2000

Os sistemas que usam os painéis solares térmicos em habitações por norma são usados em aquecimento de água, aquecimento espacial e aquecimento de piscinas (não será descrito no documento).

Para aquecimento de água, o sistema é considerado directo se aquecer directamente a água no colector (água de consumo) ou indirecto se o fluído térmico transfere o calor para a água (através da permuta de calor entre ambos). Por outro lado, o fluído pode ser transportado passivamente (circulação natural) ou activamente com o uso de equipamento auxiliar, nomeadamente, bombas circuladoras ou ventoinhas eléctricas.

A circulação natural ocorre pela diferença de densidades do fluído térmico. O fluído térmico ou água ao aquecer nos colectores vai se tornar menos densa e vai subir para o topo do depósito. De seguida, o fluido existente nos colectores vai arrefecer e vai descer para o colector. Este tipo de circulação é conhecido por termossifão (Figura 2-4). Devido à possibilidade de ocorrer o termossifão invertido o depósito deve estar a uma altura superior do colector.

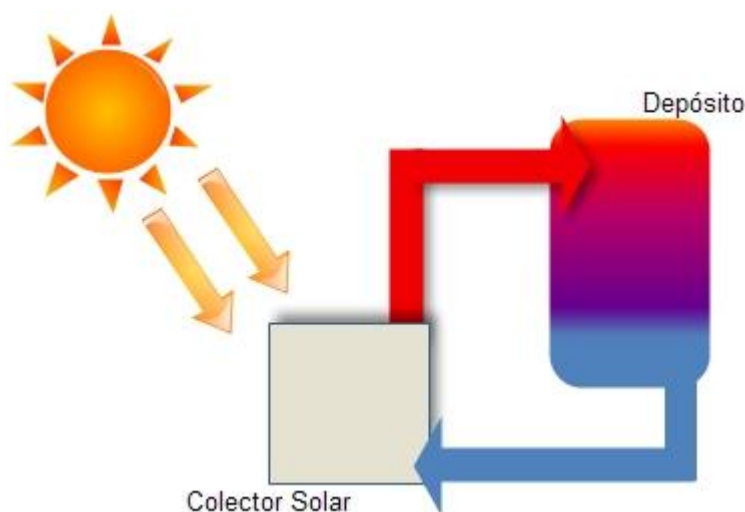


Figura 2-4 – Esquema exemplificativo da termossifão.

O sistema activo é uma solução para quando não é possível ter o depósito a uma altura superior do colector, pois o fluido térmico (indirecto) ou a água (directo) circula com a ajuda de bombas circuladoras entre o colector e o depósito. Se a temperatura não for suficiente (por exemplo em dias de pouco sol) existe uma unidade de apoio (caldeira, esquentador ou resistência eléctrica) que entra em funcionamento para que seja alcançada a temperatura desejada.

O sistema de aquecimento espacial pode ser constituído por um sistema passivo, activo ou por uma combinação de ambos. O sistema passivo é aquele que tira partido do aquecimento solar através de características implementadas durante a construção de uma casa (nomeadamente posicionamento das janelas, materiais usados nas paredes e chão). O sistema activo utiliza os colectores para absorver a radiação solar e a distribuição ocorre com ventoinhas eléctricas ou com uso de bombas. Por norma, também inclui um sistema de suporte para acumulação do calor de modo a providenciar calor em alturas de ausência de sol. O controlo deste sistema é efectuado por um controlador de temperatura, onde é comparada o valor da temperatura do controlador versus o do sistema de acumulação.

2.1.3. Turbinas Eólicas

Curiosamente é através da energia solar que surge a energia eólica, criada por padrões circulares na atmosfera da Terra que são provocados pelo calor do sol.

Um sistema de energia eólica transforma a energia cinética do vento em energia mecânica ou eléctrica que pode ser aproveitada para uso prático [10]. A energia mecânica é maioritariamente usada para bombeamento de água para uso localidades remotas ou para utilidades rurais, como por exemplo o moinho de vento. As turbinas eólicas geram electricidade de modo a alimentar casas e empresas. A electricidade gerada por uma turbina eólica altera com a velocidade do vento, o tamanho das pás, a altura acima do solo e a altura da distância de outros edifícios.

As turbinas podem ser agrupadas em dois tipos, nomeadamente a turbina eólica de eixo horizontal ou a turbina eólica de eixo vertical. Por outro lado de acordo com o estudo de mercado realizado pela RenewableUK [11], as turbinas adaptáveis a habitações podem ser agrupadas de acordo com a potência produzida: micro-turbina eólica (0-1.5kW), pequena turbina eólica (1.5-15kW) e pequena-média turbina eólica (15-100kW).

A nível de implementação em habitações, existem três sistemas: autónomo, ligado à rede e híbrido. O primeiro funciona independente da alimentação da rede e utiliza baterias para armazenamento de energia. Necessita de um controlador de carga para acumulação de energia em baterias e protecção destas e um inversor para utilização em equipamentos de corrente alternada. É possível que o sistema autónomo alimente directamente pequenas aplicações (sistemas de irrigação), retirando a necessidade de armazenar energia. A implementação ligada à rede acontece quando a energia produzida é injectada directamente na rede possibilitando a sua venda e a rentabilização do investimento na tecnologia. Este tipo de implementação permite a remoção das baterias e a existência de um

contador bidireccional (ou dois contadores unidireccionais) possibilitando ao utilizador controlar a energia vendida. Finalmente, o sistema híbrido consiste na agregação de turbinas eólicas com módulos fotovoltaicos, geradores, entre outros.

2.1.4. Micro-Cogeração

A micro-cogeração consiste na produção de electricidade, energia mecânica e aproveitamento do calor das unidades de cogeração. Para tal, os sistemas convencionais de calor são substituídos por geradores de electricidade equipados de maneira a utilizar/aproveitar o calor perdido [12]. As unidades de micro-cogeração quando aplicadas num sistema de calor central substituem as caldeiras. Funciona com a utilização de um motor, tanto com um motor iCE (*internal Combustion Engine*) ou com motor *Stirling*. Em ambos os casos, é usado gás natural, como combustível, que combinado com o ar e comprimido resulta em energia mecânica provocada pela combustão. Esta energia mecânica é usada por um gerador eléctrico resultando em energia eléctrica [13]. O calor (via emissão dos gases) do sistema de micro-cogeração e o ciclo de arrefecimento do motor é aproveitado por permutadores de calor e ligado aos sistemas de aquecimento. As unidades de micro-cogeração funcionam em paralelo com a rede eléctrica.

2.1.5. Sistemas Geotérmicos

A energia geotérmica consiste no aproveitamento da temperatura do interior da Terra. A certas profundidades, a Terra possui uma temperatura constante relativa, mais quente que o ar durante o inverno e mais fresca que o ar durante o verão [14]. Os sistemas geotérmicos em desenvolvimento envolvem a tecnologia de bombas de calor com aproveitamento da energia geotérmica, também denominadas por bombas

de calor geotérmicas. A captação da energia geotérmica é conseguida através de circuitos de tubagens enterradas. Estas tubagens colectoras de calor apresentam-se em circuito fechado, contendo água e são usados para extracção da energia acumulada, que pode providenciar aquecimento tanto a espaços como para a água doméstica. No Inverno, o calor da Terra é libertado no espaço a aquecer. Na estação quente dá-se o processo inverso, sendo o excesso de calor do espaço a arrefecer transferido para o solo.

A única energia usada pelos sistemas geotérmicos é a electricidade para alimentar as bombas de calor geotérmicas. Tipicamente, estes sistemas produzem três a quatro vezes mais energia térmica (calor) comparativamente à usada em energia eléctrica para alimentar o sistema [14].

2.1.6. Biomassa

A biomassa consiste na utilização de energia acumulada (carbono e hidrogénio) e transformação desta em sólidos, líquidos, gás combustível (biogás) em electricidade [15]. O procedimento de aproveitamento apenas acelera a decomposição natural da biomassa, originando dióxido de carbono e outros gases. O calor criado pode ser aplicado directamente em aquecimento ou com a produção de vapor, accionar directamente uma turbina resultando na produção de electricidade. As fontes de bioenergia actualmente existentes são as seguintes: a biomassa sólida (inclui *pellets*², estilhas de madeira, toros, briquetes de madeira e fardos de palha), biocombustíveis gasosos (biogás) e biocombustível líquido (nomeadamente biodiesel, etanol e derivados, e metanol e derivados) [7].

Para aproveitamento da biomassa em aplicação doméstica existem equipamentos de aquecimento da biomassa sólida. Estes sistemas podem funcionar

² Pequenos grãos comprimidos de madeira fabricados a partir dos resíduos de madeira natural.

em combinação com outro tipo de fontes de energia, permitindo aplicações diferentes de acordo com o desejado. Para a combustão da biomassa sólida considera-se: caldeiras com toros, caldeiras com pellets, caldeiras com estilhas e caldeiras combinadas [16].

2.1.7. Microgeração Humana

O conceito da lei da física, o trabalho mecânico é a energia transferida para um sistema pela aplicação de uma força ou momento de força sobre o sistema ao longo de determinado percurso ou movimento de rotação.

Se considerarmos aplicar esta lei num corpo humano, apercebemo-nos:

- “O corpo humano é um armazém tremendo de energia” [17];
- “As pessoas usam os seus músculos para converter esta energia acumulada em trabalho mecânico” [18].

Conhecendo estes dois aspectos e a possibilidade de criar dispositivos ajustáveis ao corpo humano é possível tirar partido da capacidade humana de transformar energia mecânica e converter esta em energia eléctrica. Existe uma limitação devido ao facto de o utilizador ter que focar a sua atenção na geração ao custo de outras actividades, resultando em gerações de curto prazo. No entanto, se as tecnologias tirarem proveito das actividades diárias e naturais de um ser humano é possível gerar energia eléctrica durante períodos de tempo e em esforço reduzido. Surge outra fonte energética de microgeração - o ser humano.

Teoricamente existe possibilidade de recuperar energia do corpo humano passivamente através:

- **Calor do corpo:** processo emitido pelo corpo e de modo a que este seja aproveitado energeticamente é necessário o desenvolvimento de algo que envolvesse o ser humano, semelhante a um fato de mergulho.
- **Respiração (expiração):** aproveitamento via máscara ou uma banda apertada à volta do peito do utilizador onde a oscilação corporal iria excitar um gerador dieléctrico elástico.
- **Pressão sanguínea:** um estudo foi efectuado de modo a que pressão sanguínea consiga conduzir um microgerador piezoeléctrico [19].

Recuperar energia do corpo humano activamente surge com as deslocações corporais e os respectivos movimentos dos braços, dedos, pernas e pés [17].

Na sociedade começam a emergir exemplos que tiram proveito do homem e do potencial energético que tem em colectivo. As aplicações utilizam materiais piezoeléctricos e da respectiva energia piezoeléctrica possível de obter. A energia piezoeléctrica surge da aplicação directa de uma força em determinados materiais que causam uma descarga de electrões [20].

A estação de Tóquio aplicou materiais piezoeléctricos no chão dos portões dos bilhetes para aproveitar a força que os passageiros exercem (Figura 2-5).



Figura 2-5 – Bilheteiras da estação de Tóquio [21].

A energia gerada é suficiente para alimentar os portões dos bilhetes e painéis informativos na estação de Tóquio [21].

O *Club4Climate* é um clube em Londres que tira proveito do movimento das pessoas enquanto dançam. O clube aplicou os materiais piezoelétricos na pista de dança [22].

Na cidade Toulouse de França, existe uma rua com um pavimento especial, que aproveita a passagem dos cidadãos na rua para gerar energia que alimenta os candeeiros da rua [23].

O ginásio *California Fitness Gym* em Hong Kong, aproveita a energia gerada pelas máquinas de exercícios que os clientes usam para carregar uma bateria. A energia acumulada é utilizada para alimentar o sistema luminoso do ginásio [24].

2.2. Software energético auxiliar para habitações

Devido à importância dos recursos que existem no planeta e de como estes são usados em grande escala no dia-a-dia por cada um de nós, começaram a ser desenvolvidas soluções informáticas para o suporte no uso dos recursos. O valor potencial de mercado desta área despertou o interesse de empresas como a Google, Intel e IBM que começaram a entrar no desenvolvimento de soluções para a gestão energética.

No entanto, actualmente no mercado, já existem soluções informáticas que permitem auxiliar o utilizador na monitorização dos consumos energéticos na sua residência. Cada um dos sistemas apresentados tem características próprias e assemelham-se de alguma maneira com a solução apresentada neste trabalho.

2.2.1. Software de gestão energética em habitações

2.2.1.1. *Energy Lens*

Este software suporta a criação de gráficos e tabelas referentes ao consumo energético relativo a um período de dados energéticos. Os gráficos e tabelas são criados com suporte do Microsoft Excel permitindo o uso e a edição destes e são visualizados no computador. É possível comparar desempenhos energéticos diários (Figura 2-6), semanais ou mensais e comparar valores máximos e mínimos do consumo energético. Para que isto aconteça é necessária a existência de um contador inteligente³ instalado na habitação do utilizador que permita a obtenção dos valores energéticos [25].

³ Contador de energia eléctrica com funcionalidades adicionais.

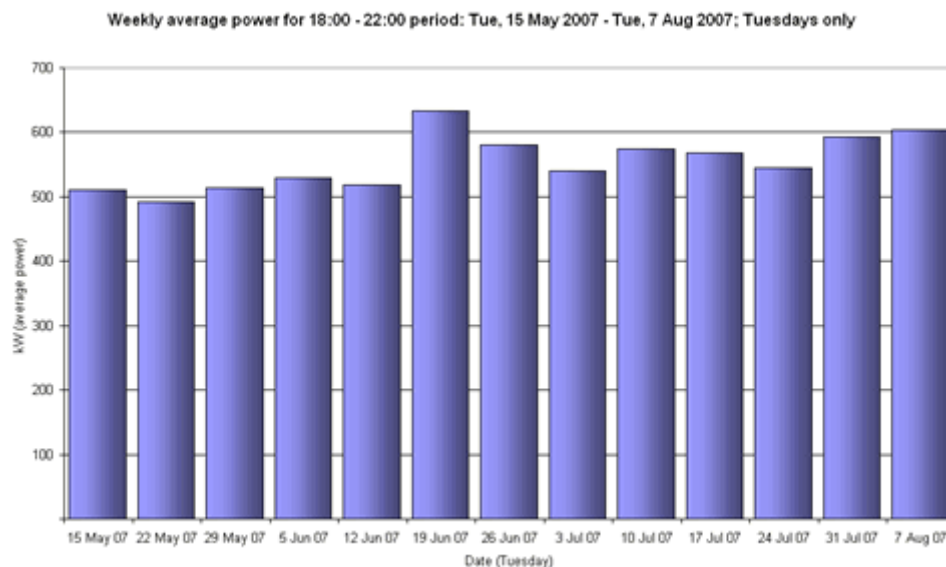


Figura 2-6 – Exemplo de gráfico comparativo que se pode obter com o software *Energy Lens* [25].

2.2.1.2. AlertMe Energy

O *AlertMe Energy* é um sistema computacional que permite a monitorização e controlo do uso energético dentro de uma residência. Ao contrário do exemplo anterior este produto providencia um leitor (*AlertMe Meter Reader*) que deve ser instalado no medidor energético de uma certa residência, um mecanismo (*SmartPlug*) para ser colocado nas tomadas eléctricas dos dispositivos electrónicos, um *hub* (*AlertMe Hub*) para a comunicação entre estes e a ferramenta online (*AlertMe Online Dashboard*) ou dispositivo móvel. Em funcionamento, o *AlertMe Hub* cria uma *Wireless Home Area Network* (WHAN), possibilitando a comunicação com o leitor e com o *SmartPlug* e permite a visualização dos dados tanto no telemóvel ou no *AlertMe Online Dashboard* utilizando uma ligação à *internet*. A Figura 2-7 ilustra os componentes do *AlertMe Energy*.



Figura 2-7 – Componentes do *AlertMe Energy*. Da esquerda para a direita: *AlertMe Meter Reader*, *AlertMe Hub*, *SmartPlug*, dispositivo móvel e monitor para usar o *AlertMe Online Dashboard* [26].

2.2.1.3. *Optimal Monitoring System*

O *Optimal Monitoring System* apresenta-se como uma solução para recolher, reportar e analisar dados energéticos. É um sistema com ferramentas de medição do consumo, custo e nível de emissão com a particularidade de poder enviar mensagens de alarme à pessoa designada nos seguintes casos:

- I. dos dispositivos deixarem de trabalhar;
- II. falhas na alimentação energética;
- III. os consumos se desviarem dos níveis regulares.

Em termos de funcionamento, são afixadas sondas nos medidores de energia de modo a permitir a leitura do consumo. De seguida, os dados são comunicados via transmissão sem fios para o servidor responsável e finalmente visualizados através de um *website* (exemplo de utilização na Figura 2-8) [27].

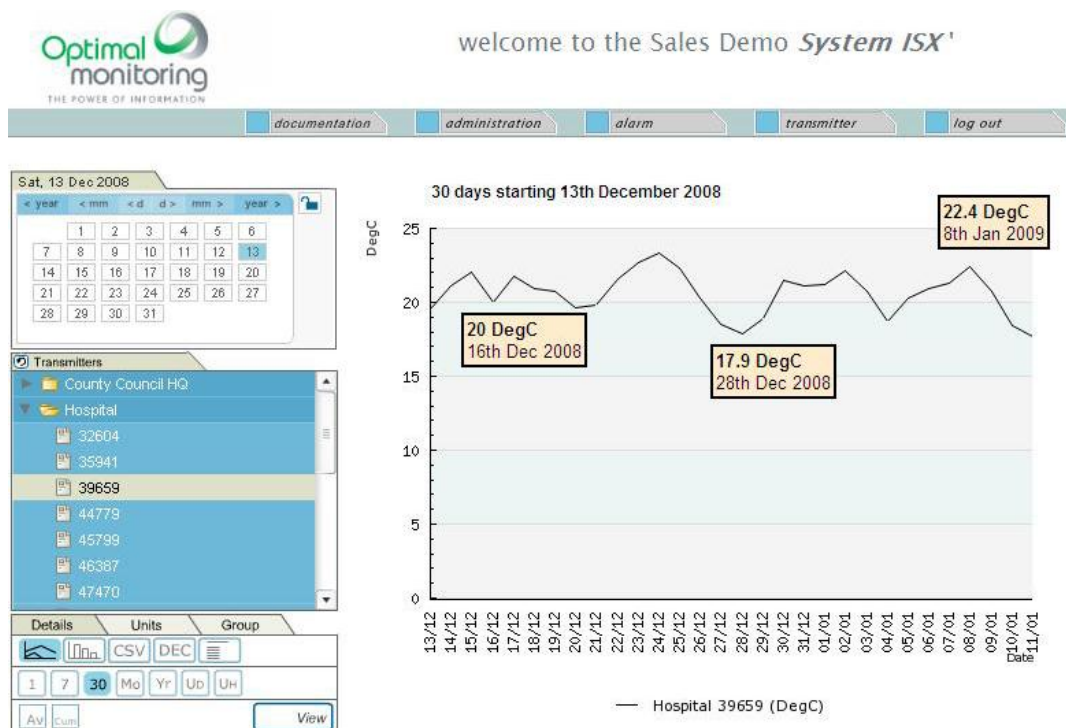


Figura 2-8 – Interface do website utilizada pelo *Optimal Monitoring System* [27].

2.2.2. Software de Apoio à Microgeração

2.2.2.1. CustomerIQ Web Portal

O *CustomerIQ Web Portal* faz parte de uma suite de aplicações que inclui a comunicação directa com os dispositivos e permite a interactividade com o utilizador através de um portal na *Internet*. O *CustomerIQ Web Portal* entende os padrões de consumo energéticos através de relatórios e análises interactivas, revela como as decisões do utilizador afectam o valor da factura energética e como poupar, e apresenta planos que permitem reduzir o uso energético. Distingue-se das anteriores pelo suporte a recursos renováveis como a microgeração solar e eólica. Isto é efectuado através do *Renewable System Monitoring* (Figura 2-9).

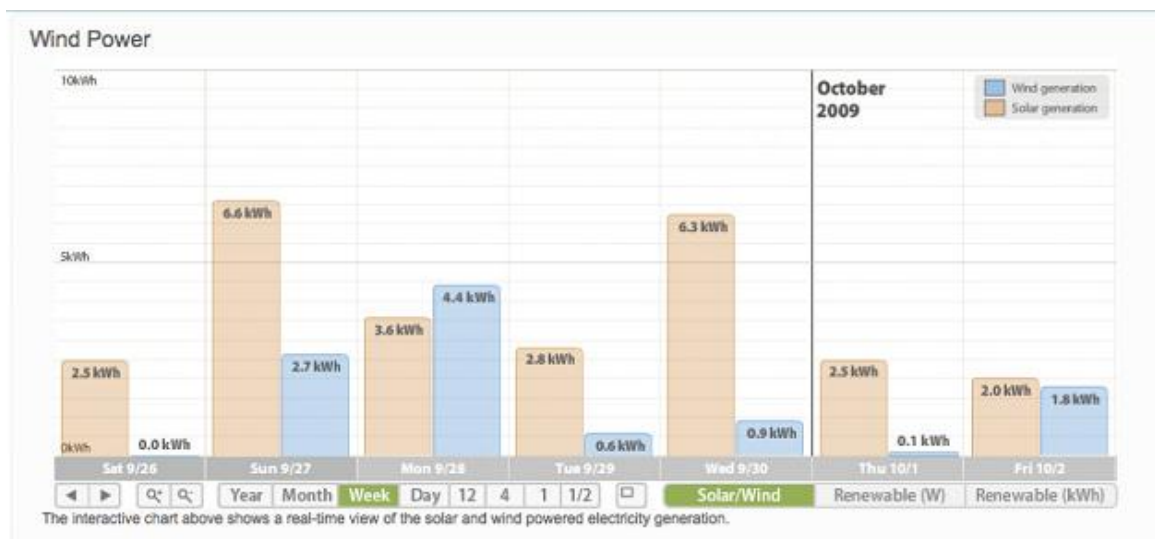


Figura 2-9 – Interface gráfica do *Renewable System Monitoring* [28].

A suíte de aplicações permite a monitorização, seguimento do desempenho e controlo de ganhos financeiros dos sistemas de microgeração solar e eólica [28].

2.2.2.2. *SunPower Monitoring*

O *SunPower Monitoring* apresenta-se como uma aplicação de suporte do sistema solar da *SunPower* instalado na habitação do utilizador. Para tal, existem três formas de acesso para o utilizador: um *website* (*SunPower Monitoring Web*) com a informação energética semelhante a aplicações apresentadas anteriormente, um dispositivo que possui um ecrã *LCD* e comunicação sem fios com o sistema solar e uma aplicação (*Monitoring On-The-Go*) para dispositivos móveis (Figura 2-10).

O *SunPower Monitoring* possibilita monitorizar a energia produzida e consumida, aceder ao histórico de produção (quer seja pelo *website* ou pela aplicação móvel) e permite a partilha dos valores gerados [29].

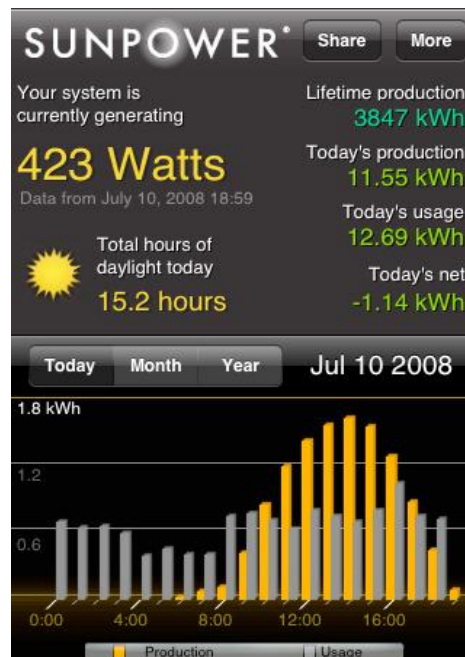


Figura 2-10 – Exemplo da interface da aplicação móvel *Monitoring On-The-Go* [29].

2.2.2.3. *Flashview*

Alguns fornecedores de tecnologia de microgeração em Portugal possibilitam ao cliente a instalação de um software nos seus computadores designado *Flashview*. Este permite ao utilizador saber a energia produzida diária, a quantidade de CO₂ poupada e o equivalente em quilómetros percorridos de carro e dados ambientais (irradiação térmica, temperatura ambiental e a velocidade do vento) (Figura 2-11).

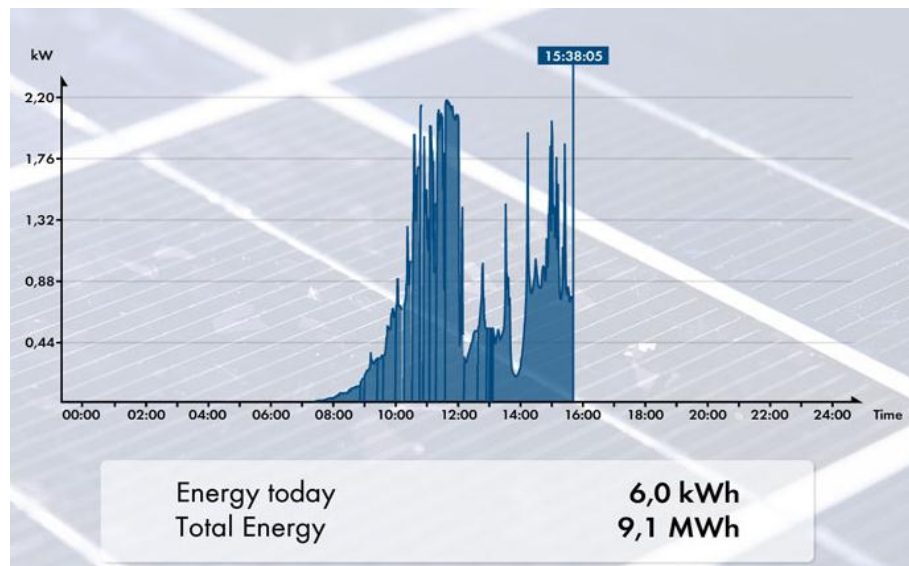


Figura 2-11 – Exemplo de interface da aplicação *Flashview* [30].

São necessários que estejam instalados os inversores da *SMA Solar Technology*, modelos conhecidos por *Sunny Boy 3000* ou *3800* e o *Sunny Webbox* que permite a leitura dos dados do inversor e a transmissão dos dados para o computador de casa [30].

3. REQUISITOS E MODELO CONCEPTUAL

Este capítulo pretende apresentar, ao leitor, uma descrição funcional e sucinta da visão e do objectivo do trabalho, anunciados na introdução. Será descrito o modelo conceptual do trabalho, os respectivos requisitos, apresentada a arquitectura conceptual e, com o apoio da linguagem formal de modelação *Unified Modeling Language* (UML), mostra-se-á uma visão funcional com os diagramas de casos de uso.

3.1. Escolha para Representação do Trabalho

De modo a apresentar, ao leitor, as funcionalidades, estrutura e funcionamento do *HumanEnergySystem*, utilizou-se a linguagem UML.

A linguagem UML é uma norma a seguir para a criação de modelos e representação de sistemas, por exemplo, de software. A UML permite a especificação das decisões de análise, projecto e implementação que devem ser feitas durante o desenvolvimento de sistemas de software.

Neste trabalho vão ser apresentados as três vistas da UML:

1. Vista funcional, através dos diagramas de casos de uso (secção 3.5)
2. Vista estática, através dos diagramas de classe (secção 4.2.1).
3. Vista dinâmica, através dos diagramas de sequência (ver secção 4.2.3).

3.2. Elementos Conceptuais e Processo

A visão referida tem, como intuito, a criação de um software auxiliar de gestão energética, de modo a contribuir para a redução da dependência energética dos indivíduos, através da devida microgeração.

De modo a suportar esta visão, é preciso entender que este se baseia em três elementos fundamentais (Figura 3-1): Utilizadores, Actividades e Gestão Energética.



Figura 3-1 - Ilustração dos elementos fundamentais suportados por este trabalho.

Os **utilizadores** são os intervenientes do processo. Ou seja, os próprios utilizadores do *HumanEnergySystem* serão os geradores de energia durante a execução de actividades.

As **actividades de geração** são as actividades diárias (ex.: limpeza, lavagem, exercício físico) realizadas pelos utilizadores, durante o processo de microgeração,

A **gestão energética** corresponde à gestão dos utilizadores, das actividades e da geração energética proveniente da microgeração.

O processo de microgeração humana consiste na geração energética que surge dos movimentos naturais realizados pelas pessoas enquanto executam actividades. Ao aproveitar a existência de actividades diárias que ocorrem numa habitação e os respectivos movimentos naturais realizados durante as actividades,

as pessoas tornam-se capazes de gerar energia, “alimentando” energeticamente a habitação onde se encontram. O *HumanEnergySystem* vai apoiar as pessoas durante a realização de actividades e na gestão energética do processo de microgeração.

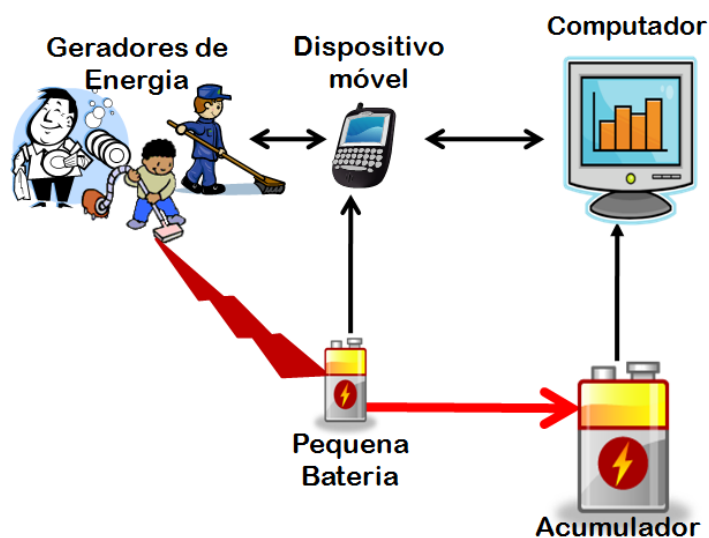


Figura 3-2 – Ilustração do processo de microgeração humana.

A Figura 3-2 ilustra o processo de microgeração humana considerado neste trabalho. Os utilizadores, como geradores de energia, usam um equipamento desenhado especificamente para acumular a energia gerada, durante a execução das actividades de geração, numa pequena bateria. Existe um dispositivo móvel, onde está presente o *HumanEnergySystem*, com o propósito de auxiliar os utilizadores durante a execução da actividade e supervisionar o estado energético da pequena bateria. O *HumanEnergySystem* vai estar presente no computador da habitação onde processará e gerirá a informação produzida durante a execução da microgeração.

3.3. Caracterização do Sistema PER-MAN e Requisitos

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto do sistema PER-MAN. Um dos elementos considerados do PER-MAN é o processo de geração de energia. Este processo é conseguido através de um dispositivo físico e um circuito electrónico, criados para aproveitar o movimento humano e para medir a energia guardada numa pequena bateria.

A energia mecânica criada pelo movimento do corpo humano é convertida em energia eléctrica via um dínamo. O circuito electrónico permite e garante que a energia gerada é acumulada na pequena bateria. O circuito inclui também, entre outros componentes, um microcontrolador PIC⁴ e um condensador, e para manter este circuito em funcionamento é necessário aproveitar parte da energia gerada durante as actividades. No entanto, a energia consumida pelo circuito era superior à possível de gerar pelas actividades sendo necessário representar o estado da pequena bateria de uma forma alternativa. A solução decidida consiste em utilizar a energia gerada pelo movimento das pessoas para carregar o condensador. Quando o condensador está totalmente carregado, o circuito electrónico descarrega-o, o microcontrolador incrementa o valor de um contador e o condensador fica pronto para voltar a carregar. Repetindo este processo e considerando que a pequena bateria está totalmente carregada com um determinado valor do contador é possível saber o estado da pequena bateria. O valor do contador é depois comunicado ao *HumanEnergySystem*.

Por outro lado, o PER-MAN faz uso dos *web services* de modo a suportar a publicação do desempenho da geração energética. Os dados energéticos são enviados para um servidor, permitindo a troca e acesso ao desempenho de geração dentro de uma comunidade com outros utilizadores do PER-MAN. Este mesmo

⁴ Microcontrolador desenvolvido pela *Microchip Technology Inc*.

servidor envia dados ao *HumanEnergySystem* sobre notícias de regulamentos relacionados com a energia e melhorias, benefícios fornecidos pelo governo e dicas de poupança energética.

O outro elemento do PER-MAN é o *HumanEnergySystem* apresentado nesta dissertação. Este necessita de certos requisitos que podem ser agrupados em três categorias: funcionais, arquitecturais e técnicos, como apresentado na Figura 3-3.

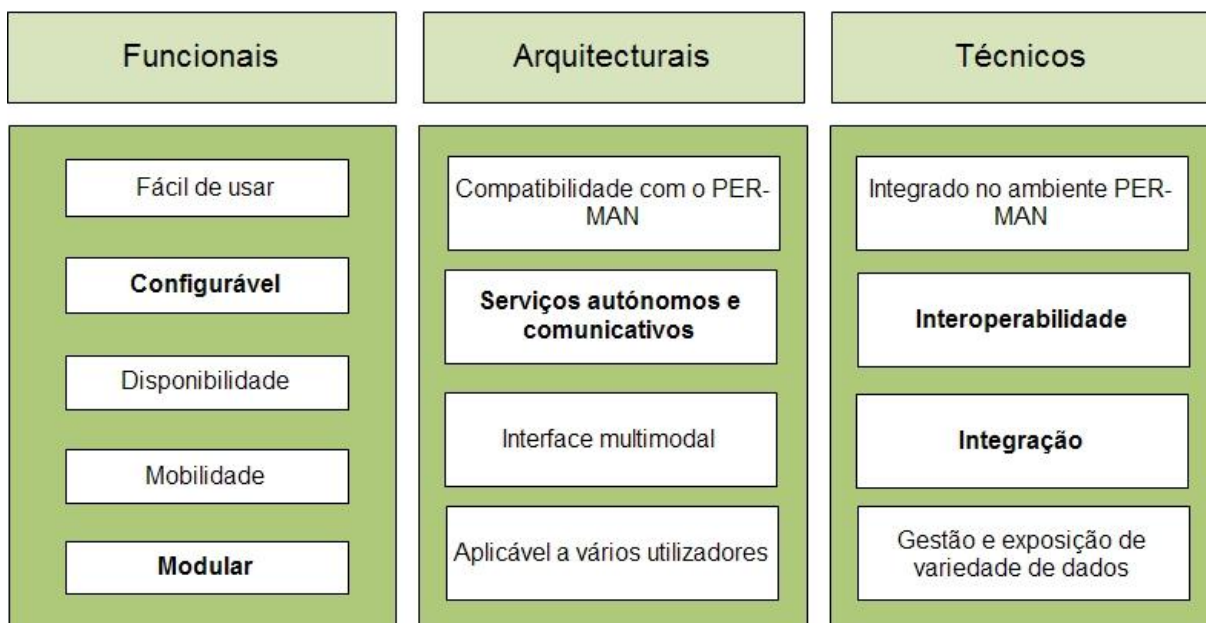


Figura 3-3 - Requisitos do *HumanEnergySystem*.

Todos os requisitos apresentados são importantes para o desenvolvimento e execução final do trabalho. No entanto, apenas vão ser explicados os que são considerados mais importantes. O *HumanEnergySystem* deve ser **Modular**, já que está presente em dois dispositivos físicos distintos (dispositivo móvel e o computador da habitação) ou seja, necessita de ser dividido em dois módulos funcionais. A **Integração** é um requisito técnico, dado que, apesar da operação isolada dos dois módulos, tecnicamente os módulos necessitam de trocar dados. Além disso, a integração do *HumanEnergySystem* é importante porque este também deve funcionar com outros sistemas complementares (ex.: *web services* do sistema PER-MAN, apresentados na secção 1.4, página 4).

O *HumanEnergySystem* também é um sistema **Configurável**. Isto é imprescindível, pela variedade possível de utilizadores, actividades e a comunicação entre o dispositivo móvel e o computador. Devido à multiplicidade de acções que o *HumanEnergySystem* apresenta, os serviços devem ser **autónomos**, mas também devem ser **comunicativos** entre si. A **Interoperabilidade** surge da necessidade técnica de coerência entre as informações e serviços disponibilizados aos utilizadores e o dispositivo móvel e o computador da habitação ou serviços externos (ex.: *web services*).

3.4. Arquitectura Conceptual

A arquitectura conceptual do *HumanEnergySystem* é baseada em três camadas, nomeadamente, Interface, Controlo e Entidade (Figura 3-4).

Na camada **Interface**, estão presentes os dispositivos físicos envolvidos nas interacções entre o *HumanEnergySystem* e os elementos exteriores. Como dispositivos físicos, temos o dispositivo móvel e o computador; o dispositivo móvel utilizado durante o desenvolvimento do *HumanEnergySystem* foi um PocketPC. De acordo com o dispositivo físico em questão, o *HumanEnergySystem* está presente com componentes diferentes, nomeadamente:

- i. *Energy Management Server System* (EMS): parte do software do *HumanEnergySystem* que está presente no computador.
 - ii. *Energy Management Client System* (EMC): parte do software do *HumanEnergySystem* que está presente no dispositivo móvel.
-

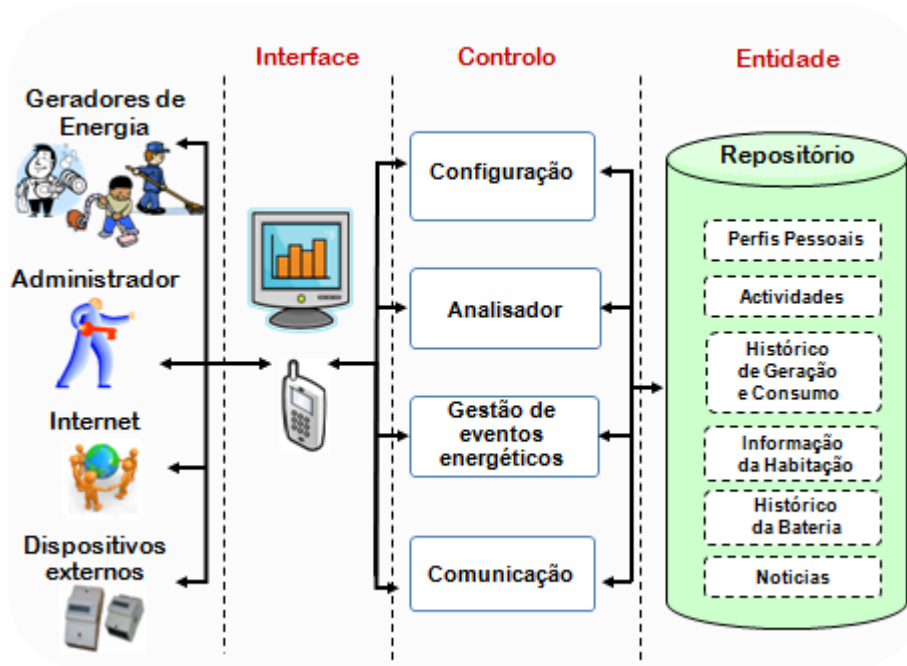


Figura 3-4 - Arquitectura conceptual do *HumanEnergySystem*.

Os elementos exteriores são os geradores de energia, administrador do *HumanEnergySystem*, internet e dispositivos externos (ex.: o acumulador ou futuras possibilidades [ver capítulo 5]).

A “inteligência” do *HumanEnergySystem* localiza-se na camada **Controlo**, onde são geridas as instruções dadas pelos elementos exteriores e executadas pelos serviços disponibilizados.

De seguida, expõe-se uma descrição dos serviços:

- **Configuração:** gere as necessidades de configuração de uma forma versátil, para que funcione em situações distintas e de forma funcional para os utilizadores.
- **Analisador:** realiza a manipulação da evolução histórica da geração energética, do consumo energético e do nível de geração (relacionado com o valor alvo de geração).

- **Gestão de eventos energéticos:** gere os acontecimentos relacionados com eventos energéticos e com os dados adquiridos durante o processo eléctrico de geração.
- **Comunicação:** faculta a comunicação, a troca e sincronismo de dados entre elementos exteriores do sistema, o cliente e o servidor.

Na camada **Entidade** situa-se o repositório de dados do *HumanEnergySystem*, além das correspondentes funcionalidades sobre o mesmo. Esta camada contém os perfis pessoais dos utilizadores, as actividades de geração, o histórico de geração e consumo, a informação da habitação, o histórico da bateria e as notícias.

3.5. Vista Funcional

A vista funcional do sistema é expressa a partir dos diagramas de casos de uso UML, demonstrando as funcionalidades que os utilizadores devem esperar que um determinado sistema disponibilize. No caso do *HumanEnergySystem*, serão evidenciados dois casos de uso: um para o EMS e outro para o EMC.

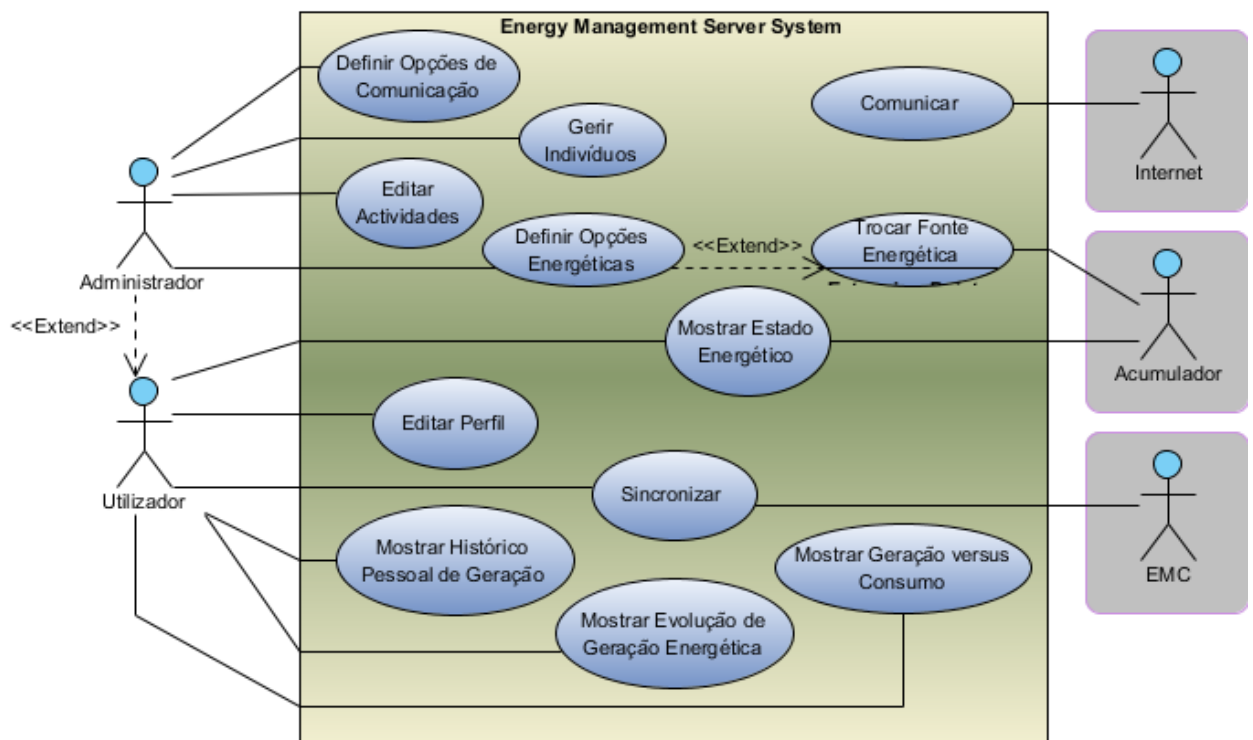


Figura 3-5 - Casos de uso do EMS.

O diagrama de casos de uso do EMS (Figura 3-5) inclui cinco actores: *Administrador*, *Utilizador*, *Internet*, *Acumulador* e *EMC*. O *Administrador* e *Utilizador* são operadores humanos, sendo o *Administrador* um utilizador dotado com opções avançadas. Os actores *Internet*, *Acumulador* e *EMC* são sistemas e dispositivos externos.

Para o *Administrador*, o EMS providencia as seguintes funcionalidades:

- **Gerir Indivíduos:** consiste na criação e gestão dos perfis dos utilizadores e as respectivas características pessoais e físicas (ex.: nome, idade, sexo e peso).
- **Editar Actividades:** permite definir as actividades geradoras de energia e as respectivas características (ex.: nome, potencial energético e tempo necessário para o referido potencial).
- **Definir Opções Energéticas:** inclui a definição do valor alvo de geração, que representa o objectivo de geração a alcançar numa determinada habitação, o

consumo energético da casa e o período correspondente a este consumo. O valor alvo de geração representa um alvo partilhado por todos os utilizadores de um sítio. A energia criada pelos utilizadores enquanto realizam as actividades contribuirá para este objectivo comum. Também permite, ao utilizador, definir uma percentagem do estado do acumulador a partir da qual este deve começar a alimentar a habitação com a sua energia. Este serviço pode ser automático ou manual.

- **Definir Opções de Comunicação:** é uma funcionalidade que permite definir os parâmetros de comunicação para estabelecer uma interacção entre o *EMC* e o *EMS*, possibilitar o sincronismo de informação e a utilização de *web services* (disponibilizado pelo servidor do projecto PER-MAN [ver secção 1.4]).

Para o *Utilizador*, o *EMS* providencia as seguintes funcionalidades:

- **Editar Perfil:** permite ao *Utilizador* efectuar alterações no perfil.
 - **Mostrar Histórico Pessoal de Geração:** fornece, ao *Utilizador*, a possibilidade de visualizar graficamente a geração pessoal. Permite comparar a geração pessoal em relação à geração total, ver a energia gerada dentro de um período de tempo e, para cada dia, as actividades realizadas (inclui o total da energia gerada e a percentagem correspondente por actividade).
 - **Mostrar Evolução de Geração Energética:** demonstra o estado actual de geração em relação ao valor alvo de geração, dentro do período actual de tempo.
 - **Mostrar Geração versus Consumo:** mostra graficamente ao *Utilizador* os valores gerados e “consumidos” dentro de um período de tempo. Os valores gerados são equivalentes à soma de todas as gerações dos utilizadores.
-

- **Mostrar Estado Energético:** corresponde a um serviço que permite visualizar o estado energético do acumulador, de onde provêm os dados necessários.

Para o sistema *Internet*, a funcionalidade **Comunicar** permite a troca e publicação de dados através de um *web service*. Por outro lado, de modo a que os dados permaneçam actualizados entre o EMS e o EMC, a funcionalidade **Sincronizar** permite, com uma ligação estabelecida, sincronizar os dados.

Para o sistema *Acumulador*, tem-se a funcionalidade **Trocar Fonte Energética**, que consiste na especificação do sistema (rede ou acumulador) que está a fornecer energia aos dispositivos de uma habitação. A funcionalidade **Definir Opções Energéticas** permite ao *Administrador* especificar se é a rede ou o acumulador que está a fornecer energia.

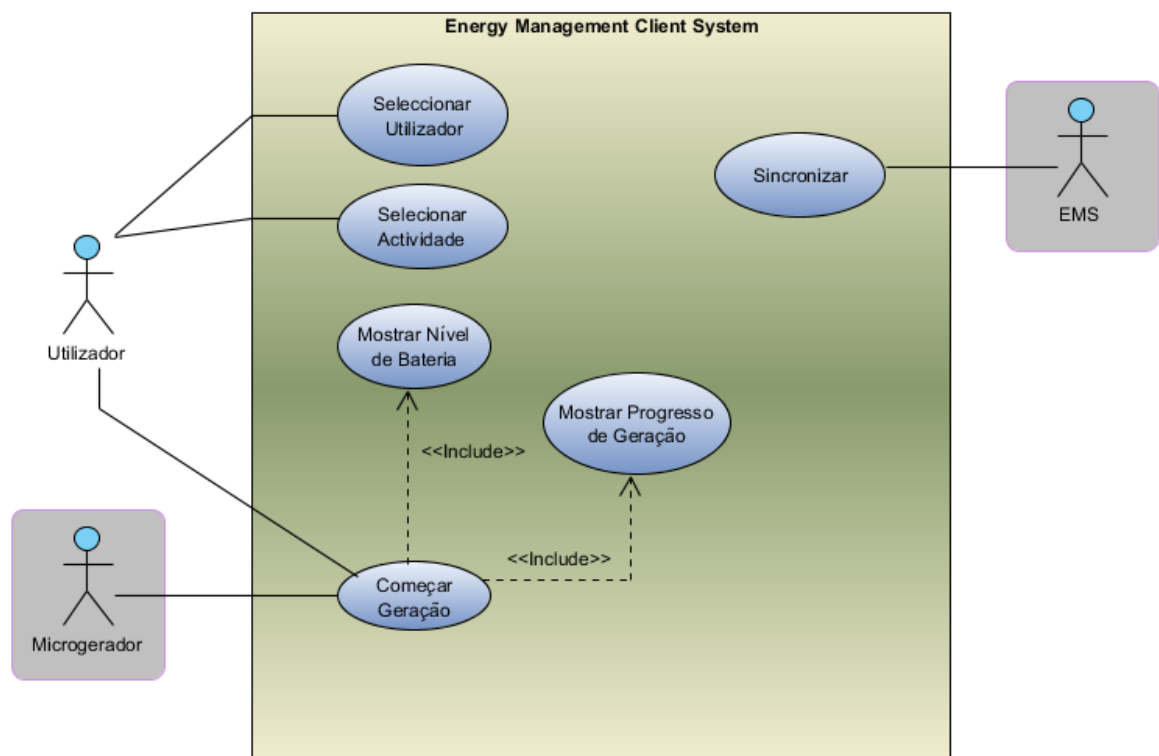


Figura 3-6 - Casos de uso do EMC.

O diagrama de casos de uso do EMC (Figura 3-6) inclui três actores, nomeadamente: *Utilizador*, *Microgerador* e *EMS*. O *Utilizador* como operador humano e realizador de actividades geradoras de energia. O *Microgerador* e *EMS*, respectivamente sistema e dispositivo exterior.

Para o *Utilizador*, o EMC providencia as seguintes funcionalidades:

- **Seleccionar Utilizador:** permite saber qual é o utilizador que está a usar o EMC.
- **Seleccionar Actividade:** é a funcionalidade que disponibiliza, ao *Utilizador*, uma lista das actividades que lhe são previamente atribuídas pelo *EMS*, e de entre, a qual, poderá escolher uma para realização
- **Começar Geração:** permite ao *Utilizador* iniciar uma actividade. Enquanto o *Utilizador* realiza a actividade, é iniciado o processo de geração de energia que inclui o *Microgerador* e, nesse momento, é possível consultar o estado da pequena bateria, através da funcionalidade **Mostrar Nível de Bateria** (esta funcionalidade também está disponível antes de realizar uma actividade, quando o *Utilizador* inicia o EMC). Durante a actividade, é mostrado a quantidade de energia gerada da pequena bateria, através da funcionalidade **Mostrar Progresso de Geração**.

Para o *EMS*, o EMC providencia a funcionalidade **Sincronizar**. Esta funcionalidade actua quando existe um pedido de sincronismo com o intuito de actualizar as bases de dados.

4. IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo apresenta ao leitor a implementação do *HumanEnergySystem*. Descrever-se-ão as tecnologias escolhidas, o diagrama entidade relacionamento (DER), as visões estática e dinâmica recorrendo à linguagem UML e, finalmente, um cenário de validação do *HumanEnergySystem*.

4.1. Escolhas Tecnológicas

Durante a implementação do *HumanEnergySystem*, foram adoptadas várias tecnologias. No entanto, o trabalho foi apresentado num concurso da Microsoft (tal como já tinha sido indicado na secção 1.4) o que tornou a selecção de tecnologias, à partida, restrita. Assim sendo, a implementação foi feita usando-se as seguintes tecnologias Microsoft:

- **Microsoft Visual Studio 2008:** ferramenta que permite um ambiente de desenvolvimento integrado sobre diversas linguagens de programação. Possibilita desenvolver software para ambiente *desktop* e móvel, *websites*, aplicações *web* e *web services* [31].
- **Microsoft Expression Blend:** ferramenta para desenvolvimento de interfaces gráficas para aplicações *web* (Silverlight) e aplicações *desktop* (Windows Presentation Foundation) [32].
- **Microsoft SQL Server 2008:** é uma ferramenta de gestão de base de dados criado pela Microsoft. Permite através de uma interface gráfica, a gestão da base de dados e aplicação de diversas opções administrativas sobre esta [33].

- **Visual Paradigm for UML:** ferramenta utilizada para o desenvolvimento do diagrama entidade relacionamento e dos diagramas UML, nomeadamente, os diagramas de casos de uso, de classe e de sequência. Permite ao utilizador produzir de forma automática o código SQL do diagrama de entidade relacionamento e a criação do código com a devida organização estrutural de uma determinada linguagem de programação escolhida [34].
- **Linguagem de Programação C#:** é uma das linguagens que pode ser usada para a criação de aplicações e foi criada pela Microsoft para funcionar especificamente com a *framework* .NET. É uma linguagem que permite tirar proveito da *framework* .NET sem restrições nos tipos de aplicações que esta possibilita desenvolver [35].

4.2. Infra-Estrutura do Software HumanEnergySystem

4.2.1. Vista Estática

A vista estática do sistema é expressa a partir dos diagramas de classes. Estes diagramas apresentam as respectivas classes, as suas componentes e a maneira como as classes estão relacionadas. Apresenta-se como um esquemático da organização do sistema, mas não exhibe o comportamento das classes durante o funcionamento do sistema.

Os diagramas de classe serão apresentados de acordo com a metodologia *Interface, Control and Entity* (ICE). Esta serve como organização estrutural e distingue as respectivas classes em três camadas diferentes:

- **Interface:** abrange as classes que representam as funcionalidades para os actores do sistema.

- **Control:** as classes presentes neste nível providenciam serviços para os elementos da camada anterior (*Interface*), comunicam com a camada *Entity* de modo a obter dados existentes na base de dados e funcionam como o cérebro do sistema.
- **Entity:** as classes neste conjunto representam as funcionalidades de suporte aos dados guardados do sistema.

A fim de melhorar a legibilidade dos diagramas de classes, estes serão apresentados em três partes e cada classe respectiva será mostrada individualmente. Em anexo é possível consultar os diagramas de classes completos

Diagrama de Classes do EMS

- **Camada *Interface***

Na Figura 4-1 estão apresentadas as três classes (**MainNavUI**, **EditUI** e **GenerationUI**) da camada *Interface* do diagrama de classes do EMS.

A classe **MainNavUI** é responsável pela interface principal do EMS. A partir desta classe, os utilizadores terão acesso a todas as funcionalidades disponíveis e ao controlo da acção dos sistemas exteriores com o EMS. A partir desta classe, é possível aceder às classes **EditUI** e **GenerationUI**, que, por sua vez, apresentam funcionalidades complementares.

A classe **EditUI** representa a secção da interface do EMS a que os actores do sistema podem aceder para visualizar, criar e modificar as características relativas às actividades e utilizadores. Como é nesta classe que se acede ao perfil dos utilizadores, disponibiliza-se, ao utilizador, o acesso ao gráfico de geração pessoal.

A classe **GenerationUI** disponibiliza as funcionalidades sobre a apresentação gráfica dos dados, nomeadamente as opções sobre a selecção do intervalo temporal

desejado pelo utilizador, ordenação temporal (diária, mensal ou anual) e verificação detalhada dos dados dos gráficos.

MainNavUI	EditUI	GenerationUI
-checking : bool = true -imageName : string = null -imageSize : long = 0 +automaticMode() : void +batteryStatus() : void +chooseProfile() : void +configuration() : void +connectPPC() : void +connectEA() : void +contentLoad() : void +editSwitchValue() : void +energyOK() : void +energySwitchAutoV() : void +energyProvider() : void +houseConsumptionGraph() : void +makeConsumption() : bool +makeGenerationTarget() : bool +network() : void +newActivity() : void +newMember() : void +oldActivity() : void +oldMember() : void +readMessage() : void +totalGenGraph() : void +showActivities() : void +setRealPBvalue(PBmax : double) : double +status_Intrfc_Loaded() : void +switch() : void +systemOk() : void +sync() : void +publish() : void	+edit : boolean = false -selected_user : string = null -imageBytesEdit : byte[] -imageBytesNew : byte[] -imageName : string = null -imageSize : long = 0 -pp : List<PersonProfile> -house : List<House> -acts : List<Activity> +activityBrowseBT() : void +activityEdit_Loaded() : void +activityEditBT() : void +memberEdit_Loaded() : void +memberEditBT() : void +memberButtonBrowse() : void +personalGeneration() : void +profileEditBT() : void +profileEdit_Loaded() : void +profileUserBrowse() : void	-optionSelc : int = 0 -user : string = null -start_date : DateTime -end_date : DateTime +chartPersonalEnergy_MouseMove() : void +chartPersonalEnergy_MouseDown() : void +fillData(option : int, user : string) : void +fillData(option : int) : void

Figura 4-1 - Classes da camada *Interface* do EMS.

• Camada *Control*

A camada *Control* estabelece a ligação entre a camada anterior (*Interface*) e a camada seguinte (*Entity*). Quando existe um pedido de acesso a uma funcionalidade, a camada *Control* é responsável pela gestão deste pedido. Isto implica o acesso e gestão de dados da base de dados (através da camada *Entity*), disponibilização desses mesmos dados ao utilizador, controlo sobre a comunicação e sincronismo entre os sistemas que actuam no EMS. Esta camada é constituída pelas classes **ManageControl** (Figura 4-2), **GenEvolution** (Figura 4-3), **SyncControl** e **Sync** (Figura 4-4).

ManageControl
<pre> +chooseCategory(cat : List<Category>, value : int) : string +deleteNews(date : DateTime) : void +editActivities(act_name : string, imageBytes : byte [], energy_pot : int, time_needed : DateTime, cat_type : string, old_name : string) : bool +editCategory(type : string, value : int, image : byte [], old_type : string) : bool +editSwitchValue(option : bool, value : int) : int +editSwitchValue(option : bool, value : int, user : string) : int +generationTarget(option : bool, value : int, user : string) : int +generationTarget(option : bool, value : int) : int +getActivityList() : List<Activity> +getCategoryList() : List<Category> +getHouseList() : List<House> +getMemberList() : List<PersonProfile> +manageMember(age : int, gender : char, name : string, weight : int, imagem : byte [], cat_type : string, house_name : string, old_name : string) : bool +newActivity(act_name : string, imageBytes : byte [], energy_pot : int, time_needed : DateTime, cat : string) : bool +newCategory(type : string, value : int, image : byte [], NewMember : bool) : bool +newMember(age : int, gender : char, name : string, weight : int, imagem : byte [], cat_type : string, house_name : string) : bool +newNews(text : string, date : DateTime) : bool </pre>

Figura 4-2 - Classe de gestão de utilizadores, actividades e opções energéticas da camada *Control* do EMS.

A classe **ManageControl** responde aos pedidos da camada *Interface* relativos à gestão dos utilizadores, actividades e opções energéticas. Esta classe analisa o perfil das actividades e dos utilizadores e é encarregue de atribuir as actividades correctas aos utilizadores, para melhorar o desempenho da geração energética.

GenEvolution
<pre> -syncAccepted : bool = false +getBestActivityPeriod() : string +getConsumption() : List<ConsumptionHistory> +setConsumptionHistory(consumption : int, new_date : DateTime) : bool +getEvolution() : List<PersonHistory> +getLastConsumptionDates() : ConsumptionHistory +getLastConsumption() : ConsumptionHistory +getPersonalGen(person : string) : List<PersonHistory> +getPersonalGenActualPeriod(person : string) : double +getPersonalGen(person : string, act : int) : List<PersonHistory> +getPersonalGenAct(person : string) : List<PersonHistory> +getTotalGenerationActualPeriod() : double </pre>

Figura 4-3 - Classe de gestão dos dados gráficos da camada *Control* do EMS.

A classe **GenEvolution** responde aos pedidos da camada *Interface* relativos à apresentação gráfica dos dados, ou seja, é responsável pela selecção das melhores características que o gráfico deve apresentar (intervalo temporal e a selecção dos dados de acordo com o gráfico pretendido).

SyncControl	Sync
<pre> +ealocalport : int = 0 +earemoteport : int = 0 +localip : string = null +localport : int = 0 -sb : SincronizationBuffer -server : ServerTCP -syncAccepted : bool +remoteip : string = null +remoteport : int = 0 +weburl : string = null -acessFile() : SincronizationBuffer +askForSync() : void +close() : void -closeSincronizationBuffer() : void +configureServer(LocalPort : int, PBflag : Label) : void +configureClient(RemoteIP : string, RemotePort : int) : bool +connectDevice() : void -initializeSincronizationBuffer() : void +sync(comando : string, Tabela : Activity) : void +sync(comando : string, Tabela : Category) : void +sync(comando : string, Tabela : ConsumptionHistory) : void +sync(comando : string, Tabela : EnergyBatteryHistory) : void +sync(comando : string, Tabela : House) : void +sync(comando : string, Tabela : PersonHistory) : void +sync(comando : string, Tabela : PersonProfile) : void </pre>	<pre> -ActivityPackage : SyncControl -CategoryPackage : SyncControl -Consumption_HistoryPackage : SyncControl -Energy_Battery_History : SyncControl -Housepackage : SyncControl -PersonHistoryPackage : SyncControl -PersonProfilePackage : SyncControl -SincronizationBuffer -SyncDataToSend </pre>

Figura 4-4 – Classes de sincronismo da camada *Control* do EMS.

As classes **SyncControl** e **Sync** garantem a comunicação com sistemas externos ao EMS e a respectiva troca de dados. A classe **SyncControl** recebe os pedidos da camada *Interface* relativos às funcionalidades acima descritas. A classe **Sync** apoia a classe **SyncControl** e o objectivo da sua separação é apresentar uma melhor estrutura no código de programação.

• Camada *Entity*

As operações apresentadas nas classes representam as acções que a camada *Control* necessita para trabalhar com a base de dados. Incluí, o retorno de todos os dados dos atributos da entidade ou apenas um em específico, a inserção de novos dados, alteração dos dados já existentes, entre outras mais particulares conforme a entidade em questão.

Para cada uma das entidades da base de dados existe uma classe com as respectivas funcionalidades necessárias do EMS. Assim esta camada é constituída pelas classes **Activity** (Figura 4-5), **Category** (Figura 4-6), **ConsumptionHistory** (Figura 4-7), **House** (Figura 4-8), **News** (Figura 4-9), **PersonHistory** (Figura 4-10) e **PersonProfile** (Figura 4-11).

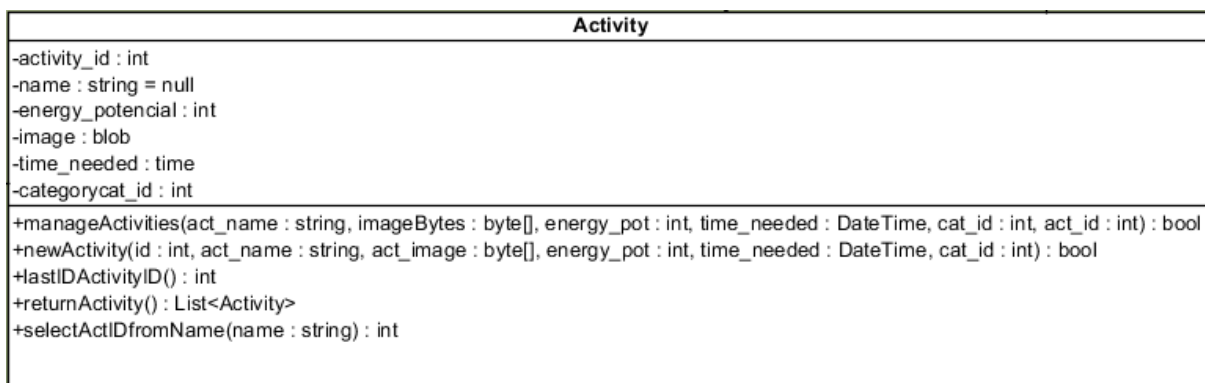


Figura 4-5 - Classe responsável pelas actividades da camada *Entity* do EMS.

A classe **Activity** permite a gestão das actividades na base de dados, nomeadamente: criar novas actividades, modificar actividades existentes e devolver dados das actividades.

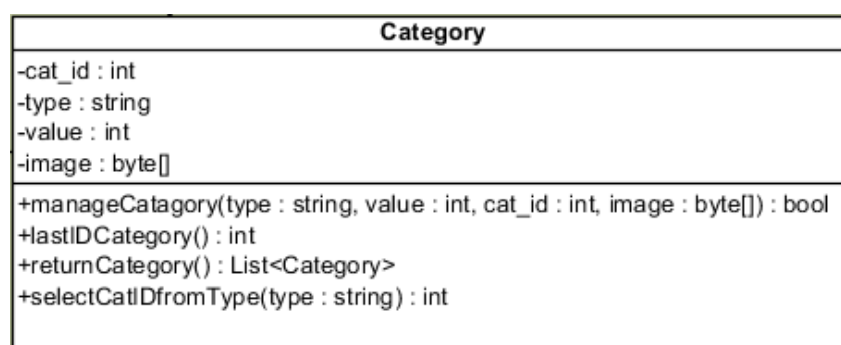


Figura 4-6 - Classe responsável pelas categorias da camada *Entity* do EMS.

A classe **Category** possibilita à camada *Control* gerir as categorias existentes e consultar todos os dados das categorias.

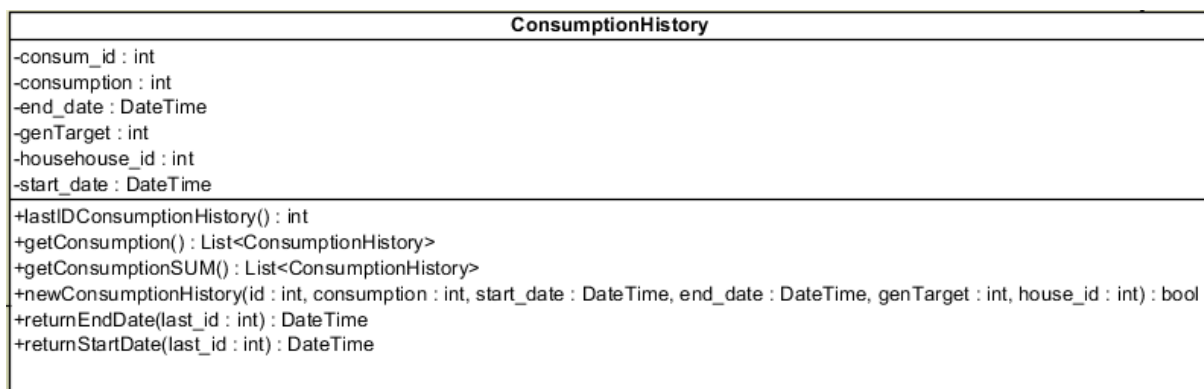


Figura 4-7 – Classe responsável pelo histórico de consumo da camada *Entity* do EMS.

A classe **ConsumptionHistory** permite criar novos consumos, aceder aos dados dos consumos existentes e indicar o somatório dos consumos ordenados por data da base de dados.

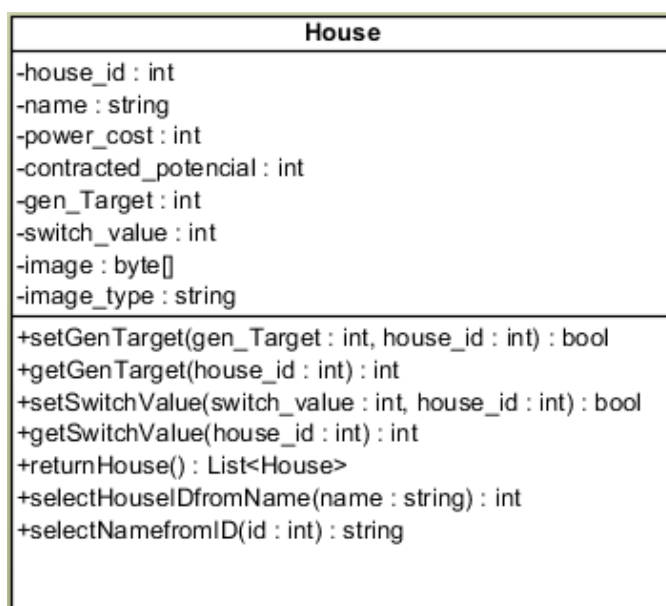


Figura 4-8 – Classe responsável pelos dados da habitação da camada *Entity* do EMS.

A classe **House** permite devolver dados da casa e gerir o valor alvo de geração e o valor de troca que troca a “fonte” (acumulador ou rede eléctrica) de alimentação da casa da base de dados.

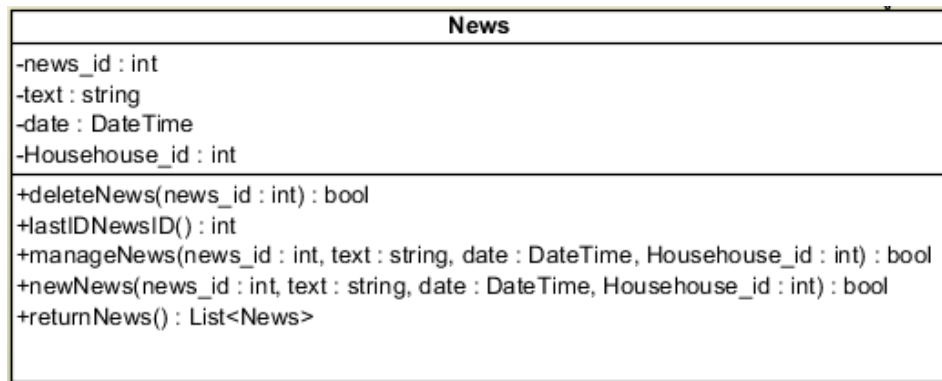


Figura 4-9 - Classe responsável pelos dados da comunicação *web service* da camada *Entity* do EMS.

A classe **News** permite a gestão, por parte da camada *Control*, dos dados existentes na base de dados, que são, provenientes da comunicação com o *web service*

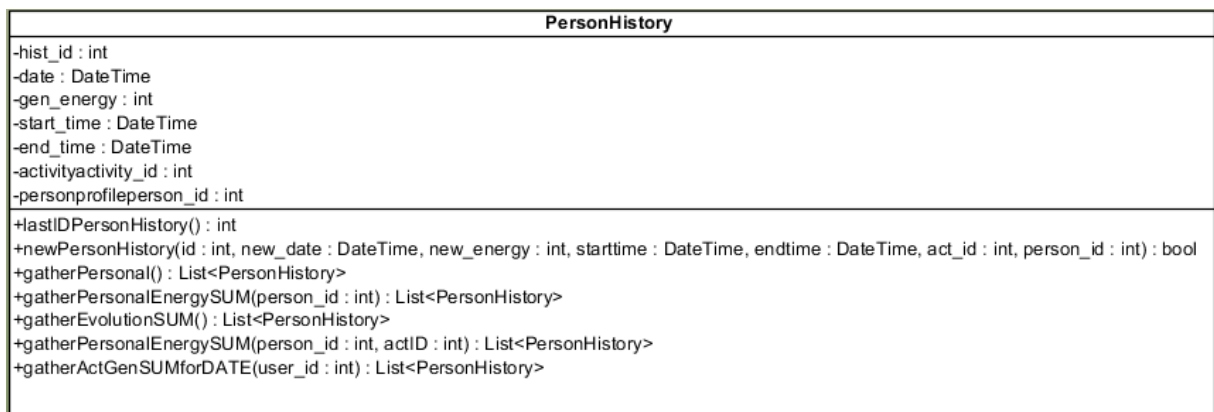


Figura 4-10 – Classe responsável pelo histórico de geração energética da camada *Entity* do EMS.

A classe **PersonHistory** é responsável pela inserção de novos históricos de geração dos utilizadores na base de dados e pelo acesso aos dados relativos à energia gerada.

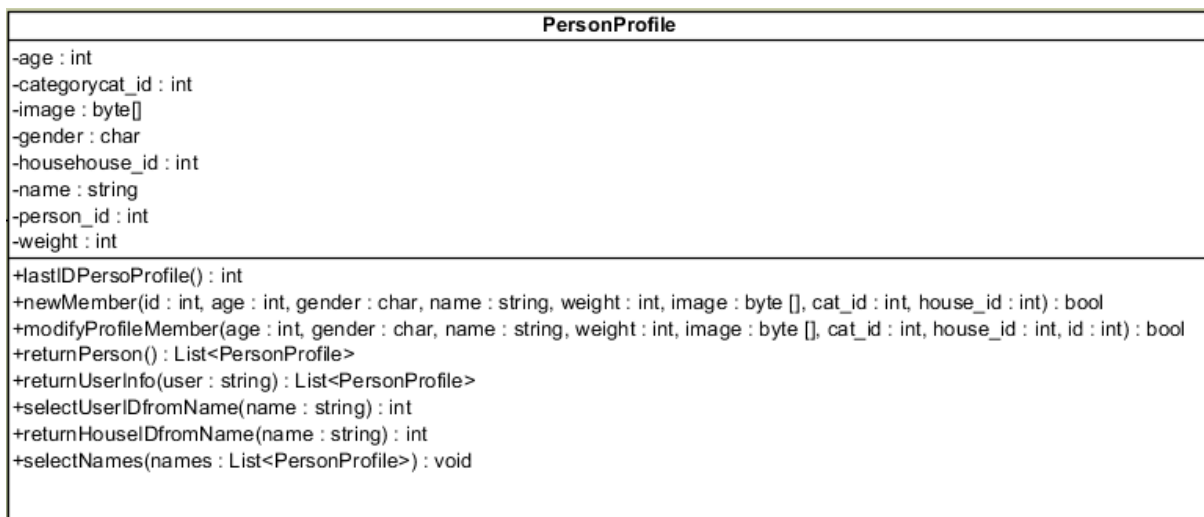


Figura 4-11 - Classe responsável pelos perfis dos utilizadores da camada *Entity* do EMS.

A classe **PersonProfile** permite a inclusão de novos utilizadores com o respectivo perfil, modificar o perfil dos utilizadores e devolver dados relativos aos perfis existentes na base de dados

Diagrama de Classes do EMC

- **Camada *Interface***

Nesta camada, localizam-se as classes que apresentam as funcionalidades disponibilizadas aos utilizadores do EMC. Estas classes foram divididas de acordo com a interface de utilização do EMC. Esta camada contém cinco classes: **Enter**, **User**, **Activity** (Figura 4-12), **Generation** (Figura 4-13) e **Network** (Figura 4-14).

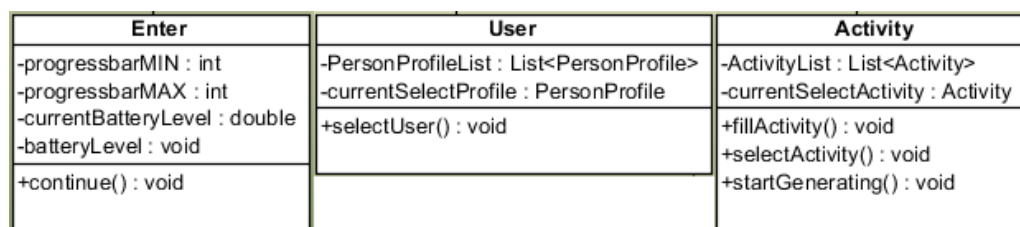


Figura 4-12 – Classes de entrada, dos utilizadores e das actividades da camada *Interface* do EMC.

A classe **Enter** apresenta, ao utilizador do EMC, os valores actuais do estado da pequena bateria. A classe **User** é responsável pela listagem dos utilizadores do EMC e por permitir ao utilizador identificar-se. A classe **Activity** exibe as actividades que estão atribuídas ao perfil seleccionado anteriormente pelo utilizador, mostra os respectivos dados da actividade e permite ao utilizador seleccionar a actividade que vai realizar.

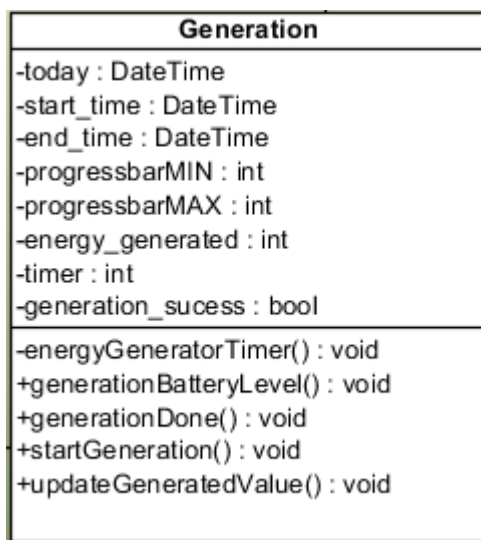


Figura 4-13 – Classe responsável pelo processo de geração da camada *Interface* do EMC.

A classe **Generation** actua durante o processo de realização da actividade seleccionada e a respectiva geração energética. Apresenta, ao utilizador, o estado energético da bateria e o correspondente valor energético já produzido.

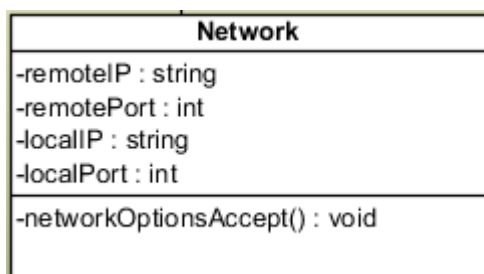


Figura 4-14 - Classe responsável pelas opções de comunicação da camada *Interface* do EMC.

A classe **Network** é responsável pela apresentação das opções de configuração dos parâmetros para a comunicação com o EMS.

• Camada *Control*

A camada *Control* no EMC é responsável por estabelecer e garantir a comunicação com o servidor EMS e o respectivo sincronismo de dados entre ambos, além de receber os dados da pequena bateria provenientes do microgerador.

Existem três classes nesta camada: **EG** (Figura 4-15), **SyncControl** e **Sync** (Figura 4-16).

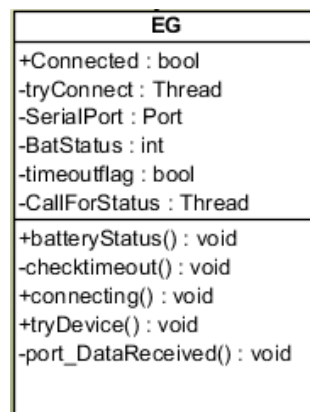


Figura 4-15 - Classe que comunica com o microgerador da camada *Control* do EMC.

A classe **EG** é responsável pela comunicação com o microgerador. Mais especificamente, está encarregue de estabelecer uma ligação com o microgerador e receber os dados relativos à pequena bateria.

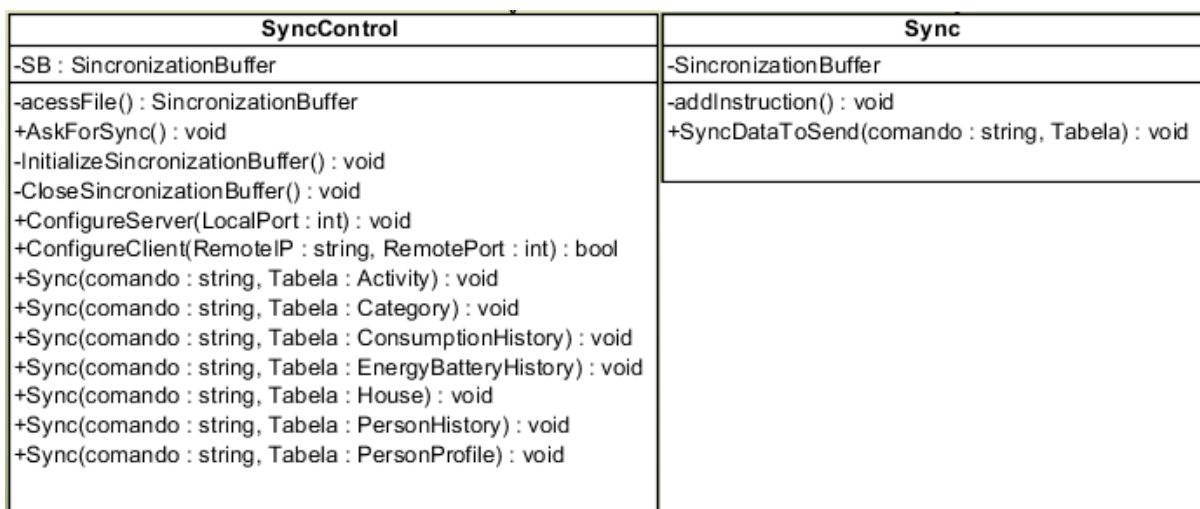


Figura 4-16 - Classes de sincronismo da camada *Control* do EMC.

Como descrito no diagrama de classes do EMS, as classes **SyncControl** e **Sync**, no EMC, também têm a funcionalidade de garantir a comunicação e a respectiva troca de dados, neste caso com o EMS.

- **Camada *Entity***

Na camada *Entity* do EMC existem quatro classes: **Activity** (Figura 4-17), **Category** (Figura 4-18), **PersonProfile** (Figura 4-19) e **PersonHistory** (Figura 4-20).

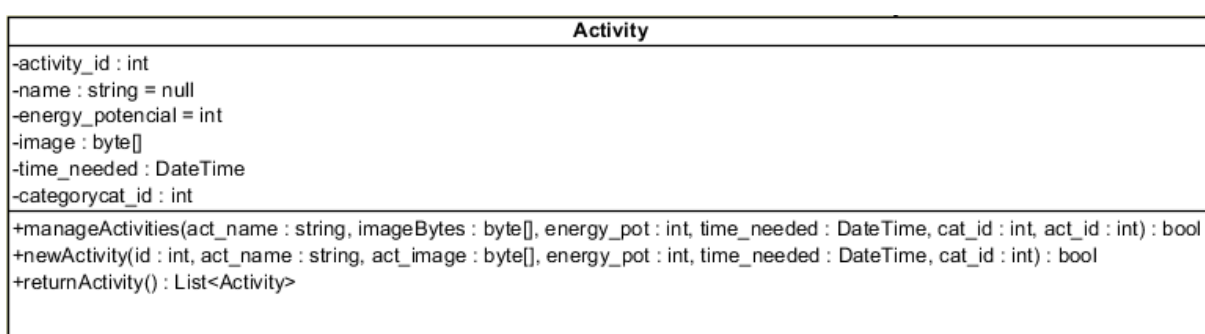


Figura 4-17 - Classe responsável pelas actividades da camada *Entity* do EMC.

A classe **Activity** permite gerir as actividades na base de dados do EMC, sendo necessário para inserir novas actividades, modificar actividades existentes e devolver a lista de actividades existentes.

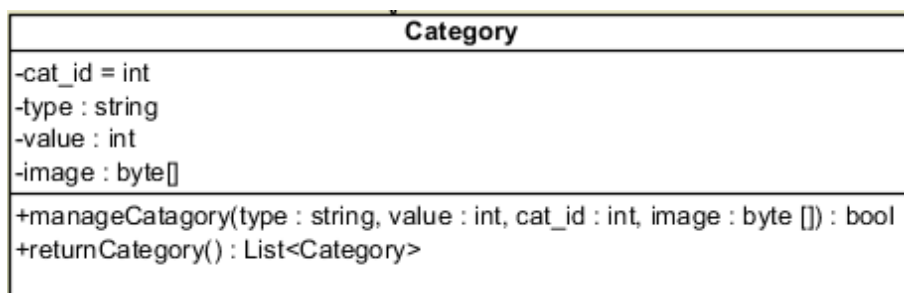


Figura 4-18 - Classe responsável pelos tipos de categorias da camada *Entity* do EMC.

A classe **Category** permite gerir e aceder às categorias existentes na base de dados.

PersonHistory
-hist_id : int -date : DateTime -gen_energy : int -start_time : DateTime -end_time : DateTime -activityactivity_id : int -personprofileperson_id : int
+lastIDPersonHistory() : int +newPersonHistory(id : int, new_date : DateTime, new_energy : int, starttime : DateTime, endtime : DateTime, act_id : int, person_id : int) : bool

Figura 4-19 - Classe responsável pelo histórico de geração da camada *Entity* do EMC.

A classe **PersonHistory** insere na base de dados os históricos das actividades geradoras de energia realizadas.

PersonProfile
-person_id : int -age : int -gender : char -name : string -weight : int -image : byte[] -categorycat_id : int -househouse_id : int
+lastIDPersoProfile() : int +newMember(id : int, age : int, gender : char, name : string, weight : int, image : byte [], cat_id : int, house_id : int) : bool +modifyProfileMember(age : int, gender : char, name : string, weight : int, image : byte [], cat_id : int, house_id : int, id : int) : bool +returnPerson() : List<PersonProfile>

Figura 4-20 - Classe responsável pelos perfis dos utilizadores da camada *Entity* do EMC.

A classe **PersonProfile** permite gerir os utilizadores na base de dados do EMC. Possibilita inserir utilizadores novos, modificar os já existentes e devolver a lista de utilizadores.

4.2.2. Diagrama de Entidade Relacionamento

Com a quantidade e tipo de dados essenciais para realizar a implementação, foi necessária a existência de uma base de dados.

A Figura 4-21 ilustra o modelo de entidade relação, criado com o objectivo de modelar as relações entre as entidades, representativas, das tabelas da base de dados.

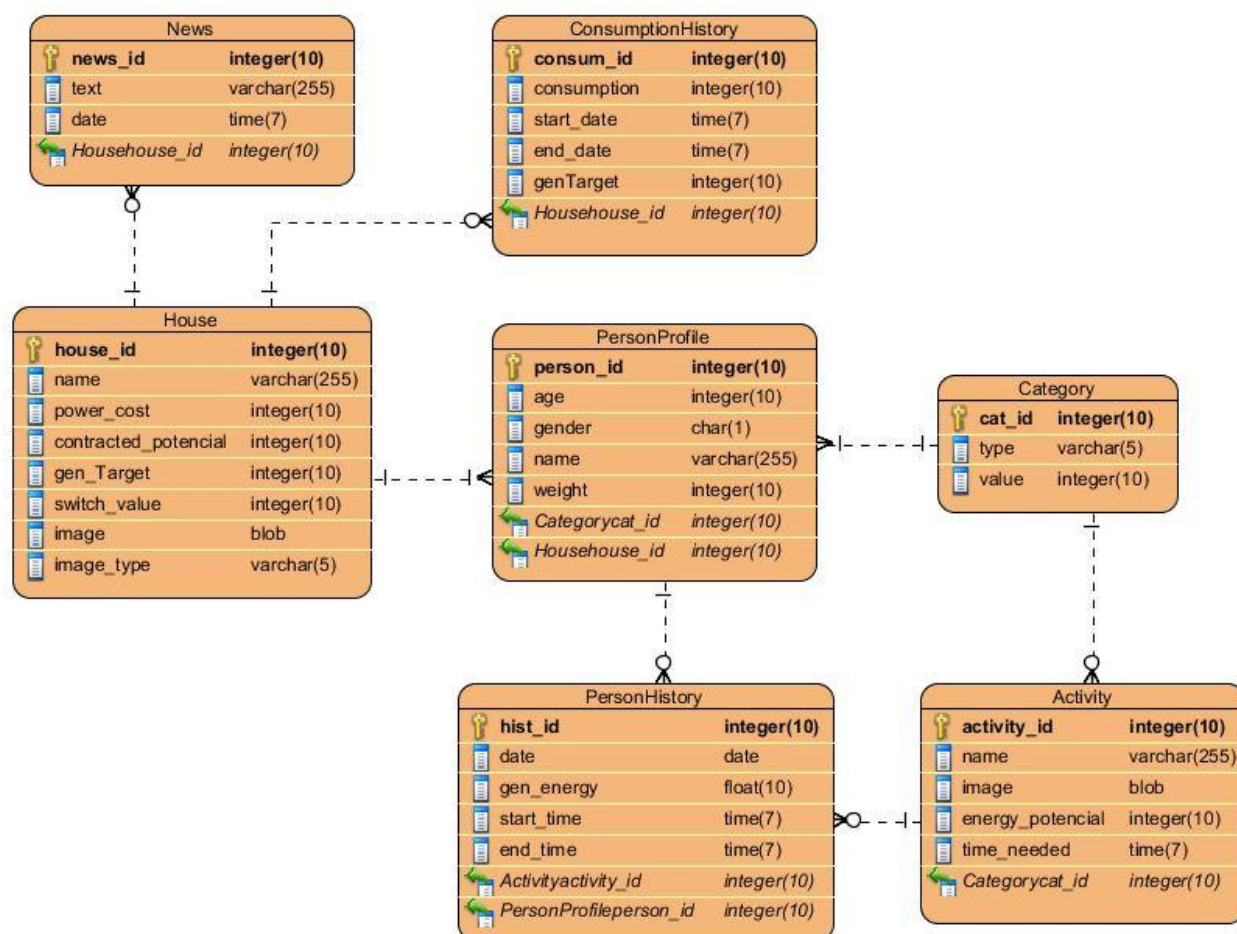


Figura 4-21 – Diagrama de Entidade Relacionamento utilizado no trabalho.

Na tabela **PersonProfile** encontram-se os dados dos utilizadores do *HumanEnergySystem*. Cada utilizador tem um perfil, que inclui as características necessárias para que o *HumanEnergySystem* possa sugerir as actividades mais apropriadas ao utilizador. Por outro lado, as características dos perfis das actividades encontram-se na tabela **Activity**, de onde salienta-se os atributos *energy_potencial*, como potencial energético associado a cada actividade; e o *time_needed*, como o tempo necessário para atingir esse potencial. De modo a estabelecer um elo entre os perfis dos utilizadores e as actividades, criou-se uma tabela intermédia designada por **Category**. Esta tabela contém tipos predefinidos, de modo a que o *HumanEnergySystem* atribua segundo critérios físicos as actividades mais apropriadas aos respectivos utilizadores. A atribuição acontece

quando o EMS aplica um conjunto de regras, já existentes, às características das tabelas **PersonProfile** e **Activity**, agregando, assim, um conjunto de actividades e de utilizadores por **Category**.

Na tabela **PersonHistory**, encontram-se os históricos de geração dos utilizadores sobre as actividades já realizadas. Cada histórico contém uma data, para identificar o dia no qual a actividade ocorreu, a quantidade de energia gerada e a duração da actividade. Estes dados são fundamentais para a demonstração de informação gráfica.

A tabela **House** serve para guardar os dados da habitação onde funciona o EMS. Esta tabela está directamente relacionada com os respectivos habitantes. Dos atributos da tabela, salienta-se o *gen_Target*, que representa o valor alvo de geração da habitação, e o *switch_value*, que define o valor do acumulador no qual deve ocorrer a troca de fonte energética da habitação. O histórico de consumo energético da habitação é atribuído à tabela **ConsumptionHistory**. Este histórico é criado quando os utilizadores recebem os dados da sua factura eléctrica e inserem os dados da factura no EMS. A quantidade de consumo está associada ao atributo *consumption* e o intervalo temporal referente ao consumo é guardado nos atributos *start_date* e *end_date*.

Finalmente, a tabela **News** tem como objectivo guardar a informação descarregada do *web service* nomeadamente, notícias e dicas de poupança energética. Esta informação será actualizada e exibida ao utilizador durante o uso do EMS.

4.2.3. Vista Dinâmica

Em contraste com a vista estática, a vista dinâmica representa as interacções entre os objectos apresentando a resposta de um sistema às acções dos

utilizadores. A vista dinâmica é expressa a partir dos diagramas de sequência da linguagem UML.

Cada um dos diagramas de sequência representa uma funcionalidade dos diagramas de caso de uso, existindo, no total, doze diagramas de sequência para o EMS. Serão apresentados três diagramas estando os restantes em anexo (ANEXO B).

Diagrama de Sequência do EMS

Os três diagramas apresentados são: **Editar Actividades** (Figura 4-22), **Mostrar Geração versus Consumo** (Figura 4-23) e **Mostrar Estado Energético** (Figura 4-24).

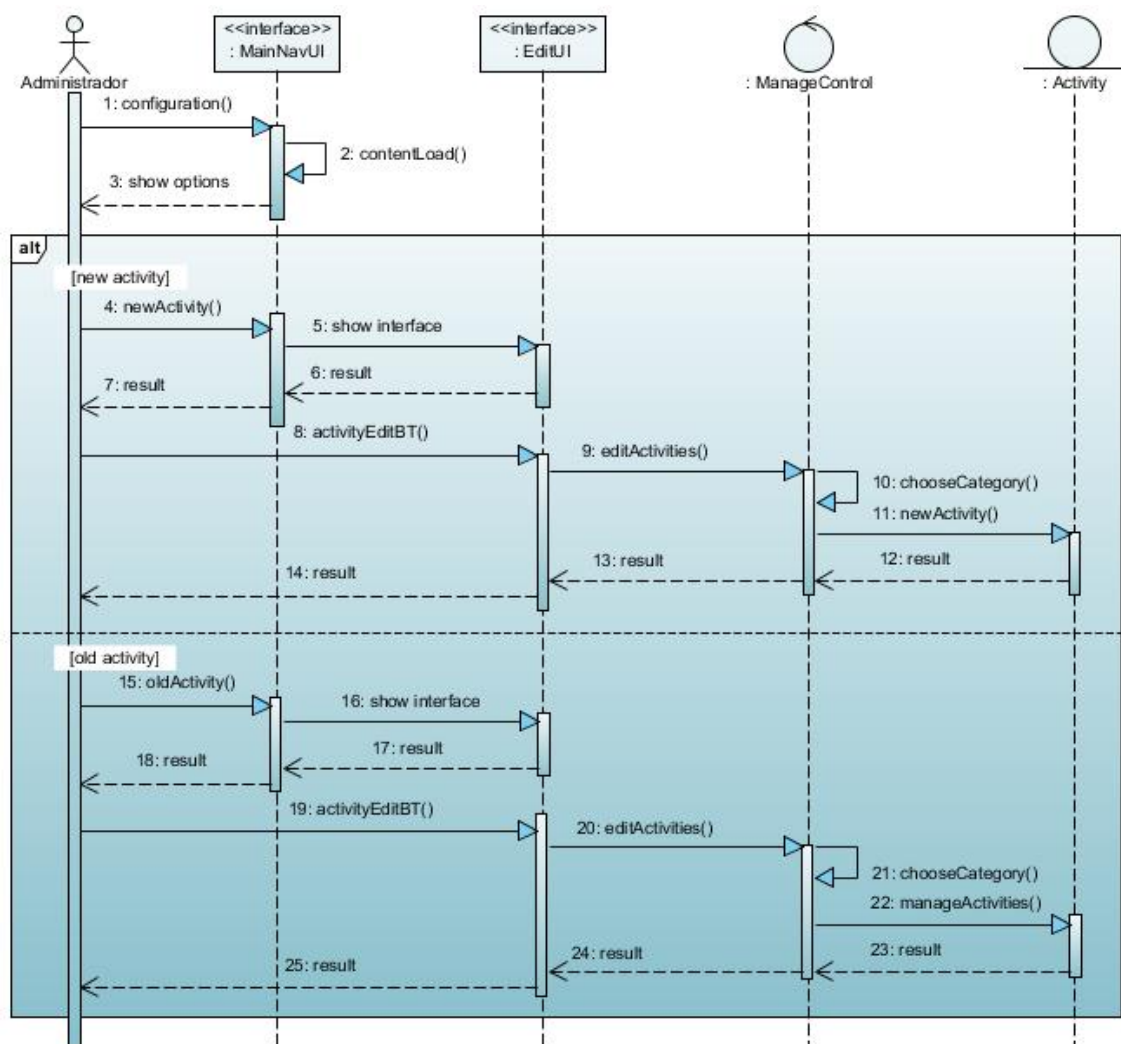


Figura 4-22 - Diagrama de sequência Editar Actividades do EMS.

No diagrama **Editar Actividades**, participa o actor Administrador e quatro objectos, dois da camada *Interface* (MainNavUI e EditUI), um da camada *Control* (ManageControl) e um da camada *Entity* (Activity).

O administrador, para editar as actividades existentes no EMS, começa por entrar no menu de configuração da interface principal. O EMS irá carregar os dados da actividade para mostrar ao administrador as respectivas opções. As duas opções disponibilizadas ao administrador são: criar uma nova actividade no EMS ou editar uma actividade já existente. Caso o administrador peça ao EMS a criação de uma nova actividade, a interface EditUI é apresentada com as opções apropriadas. De seguida, o administrador insere os dados da nova actividade, os quais, por sua vez, irão ser passados para o objecto ManageControl. Esta irá validar os dados, decidir qual a categoria deve ser atribuída e pedir ao objecto Activity para inserir, na base de dados, a nova actividade. Caso o administrador decida modificar uma actividade existente, a interface EditUI irá exibir as opções de edição, ao seleccionar a respectiva actividade. Após o administrador aplicar as alterações, estas irão ser transmitidas ao ManageControl e, de seguida, este irá dar, ao objecto Activity, as indicações necessárias à aplicação das mudanças na base de dados.

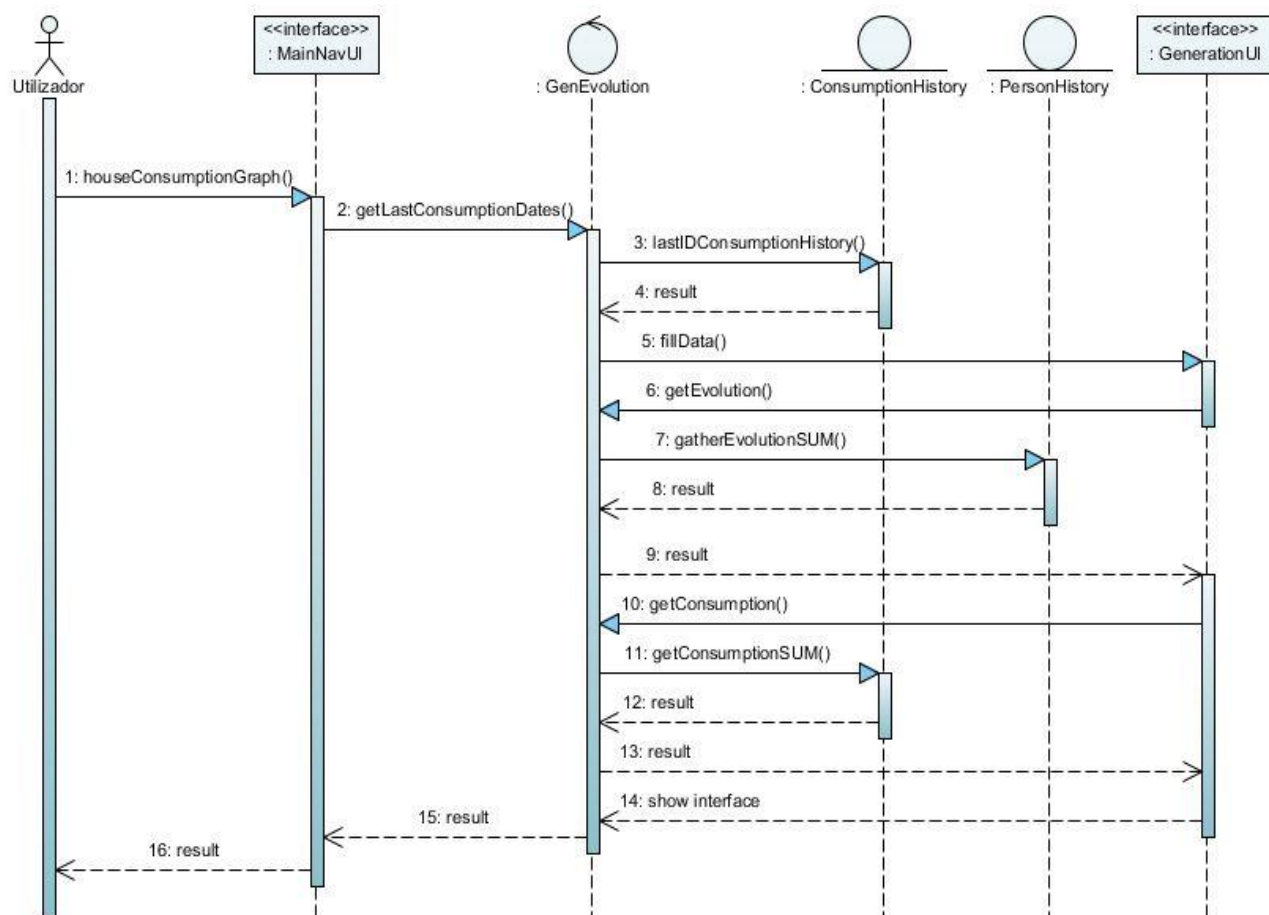


Figura 4-23 - Diagrama de sequência Mostrar Geração versus Consumo do EMS.

No diagrama **Mostrar Geração versus Consumo**, participam o actor Utilizador e cinco objectos, dois da camada *Interface* (MainNavUI e GenerationUI), um da camada *Control* (GenEvolution) e dois da camada *Entity* (ConsumptionHistory e PersonHistory).

Quando existe uma solicitação, por parte do utilizador, para ver o gráfico de geração *versus* consumo, a MainNavUI comunica com o objecto GenEvolution, responsável por esta solicitação. Numa primeira fase, o GenEvolution necessita de saber o último consumo inserido pelo utilizador para poder enquadrar temporalmente o gráfico. De seguida, comunica com o objecto responsável pela interface dos gráficos GenerationUI e indica que o gráfico requisitado é o da geração *versus* consumo. Na segunda fase, o GenEvolution solicita, o objecto PersonHistory, a

soma do histórico de geração ordenada por data e da classe ConsumptionHistory a soma dos consumos energéticos da habitação. Finalmente, estes dados são organizados para serem aceites pelo objecto GenerationUI e, posteriormente, mostrar, ao utilizador, o gráfico resultante.

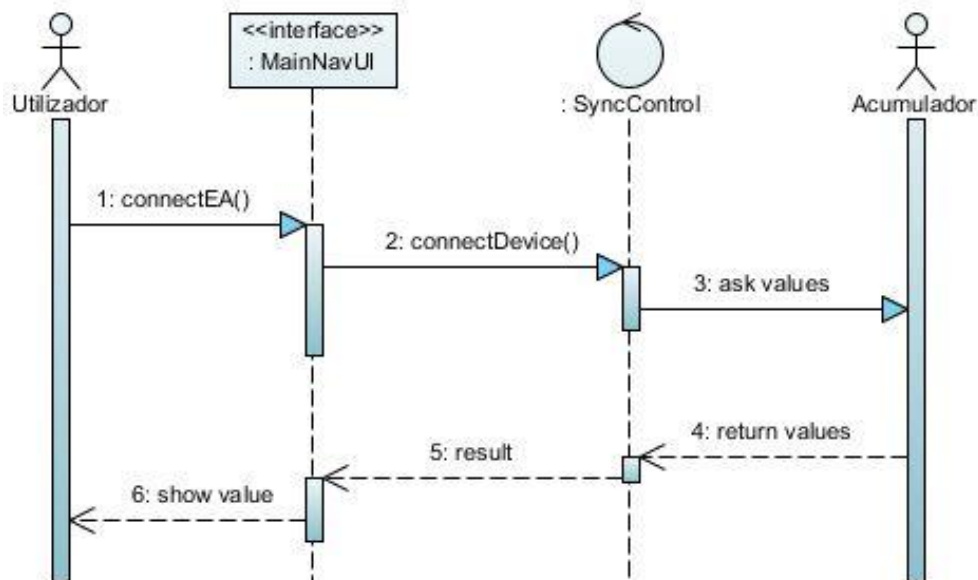


Figura 4-24 - Diagrama de sequência Mostrar Estado Energético do EMS.

No diagrama **Mostrar Estado Energético**, participam o actor Utilizador e Acumulador, o objecto da camada *Interface* (MainNavUI) e um objecto da camada *Control* (SyncControl).

Para que o utilizador aceda ao estado do acumulador, deve fazer um pedido na interface de utilização do EMS. O pedido é aceite pela MainNav, a qual, de seguida, comunicará com o objecto responsável SyncControl. Existe um pedido de valores do objecto SyncControl ao acumulador, os quais, por sua vez, serão transmitidos de novo ao MainNav para exibição na interface do EMS.

Diagrama de Sequência do EMC

Para o EMC, existem, no total, seis diagramas de sequência. Serão descritos dois diagramas; os restantes estão em anexo (ANEXO C). Os dois diagramas explicados são: **Começar Geração** (Figura 4-25) e **Sincronizar** (Figura 4-26).

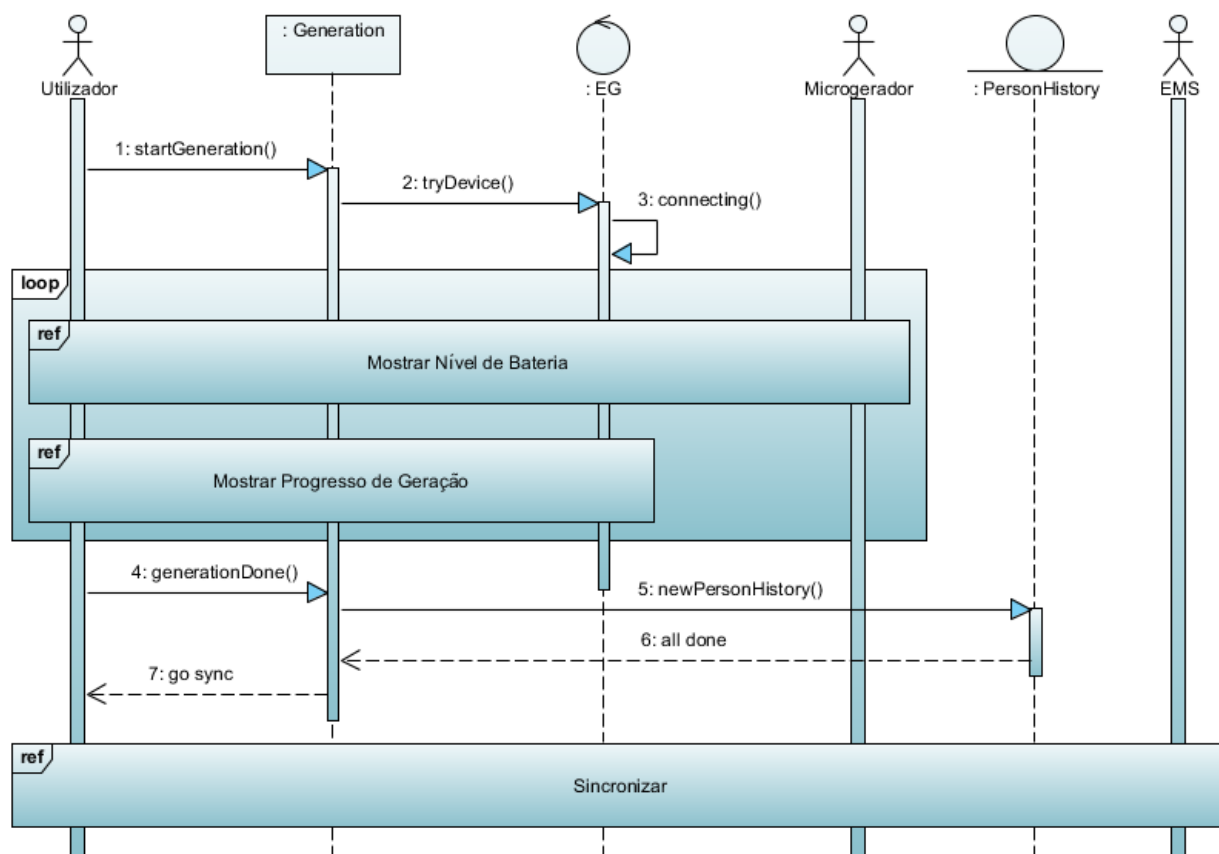


Figura 4-25 - Diagrama de sequência Começar Geração do EMC.

Participam, no diagrama **Começar Geração**, três actores (Utilizador, Microgerador e EMS) e três objectos, um da camada *Interface* (Generation), um da camada *Control* (EG) e um da camada *Entity* (PersonHistory).

Quando o utilizador decide iniciar uma actividade, a interface de geração é apresentada pelo objecto Generation. Esta vai notificar o EG, para que este comece a comunicar com o microgerador no sentido de receber o estado da pequena bateria e a quantidade de energia já gerada. Estes dois eventos repetir-se-ão até o utilizador indicar que terminou a actividade. Quando isto acontecer, serão inseridos, na base

de dados, os dados desta ultima actividade, e será perguntado, ao utilizador, se deseja sincronizar estes dados com o EMS.

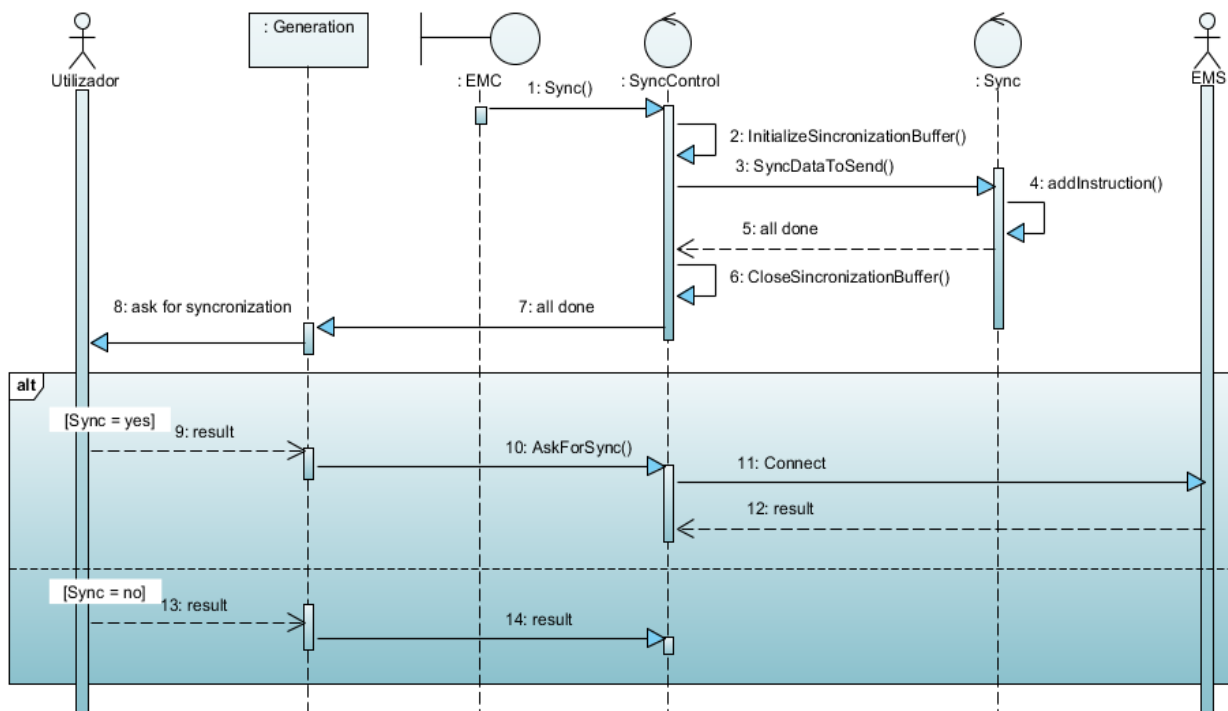


Figura 4-26 - Diagrama de sequência Sincronizar do EMC.

Participam, no diagrama **Sincronizar**, dois actores (Utilizador e EMS) e três objectos, um da camada *Interface* (Generation) e dois da camada *Control* (SyncControl e Sync).

Quando termina uma actividade, o EMC tenta sincronizar, automaticamente, os novos dados sobre o histórico de geração com o EMS. Para tal, o EMC indica, ao objecto SyncControl, o que já existe e o que é novo na base de dados. De seguida, é inicializado um *buffer* que indica onde serão guardados os dados a enviar (ficheiro XML que contém as instruções); cria-se, pelo Sync, uma instrução a indicar as alterações a efectuar pelo EMS na respectiva base de dados; esta instrução será adicionada ao *buffer*. Adicionada a instrução, é então perguntado, ao utilizador, se deseja, naquela altura, efectuar o sincronismo. Caso o utilizador aceite, é pedido, ao SyncControl, que tente comunicar com o EMS para realizar o sincronismo,

recebendo, de seguida, o respectivo resultado da comunicação e troca de dados. Caso o utilizador não aceite, as alterações estão guardadas e poderão ser realizadas mais tarde, quando desejar.

4.3. Cenário de Validação

Esta secção apresenta um exemplo de execução do *HumanEnergySystem*. Este exemplo não cobre todas as funcionalidades descritas nesta dissertação, mas mostra um cenário que poderia ocorrer aquando da utilização.

O exemplo inclui a configuração e preparação do EMS para comunicar com o EMC, utilizar o EMC para realizar uma actividade, sincronizar os dados do EMC para o EMS e verificação dos mesmos no EMS. São apresentadas diversas imagens da interface desenvolvida, com a respectiva descrição e do processo em curso. O cenário de exemplo começa pelo EMS e a correspondente interface.

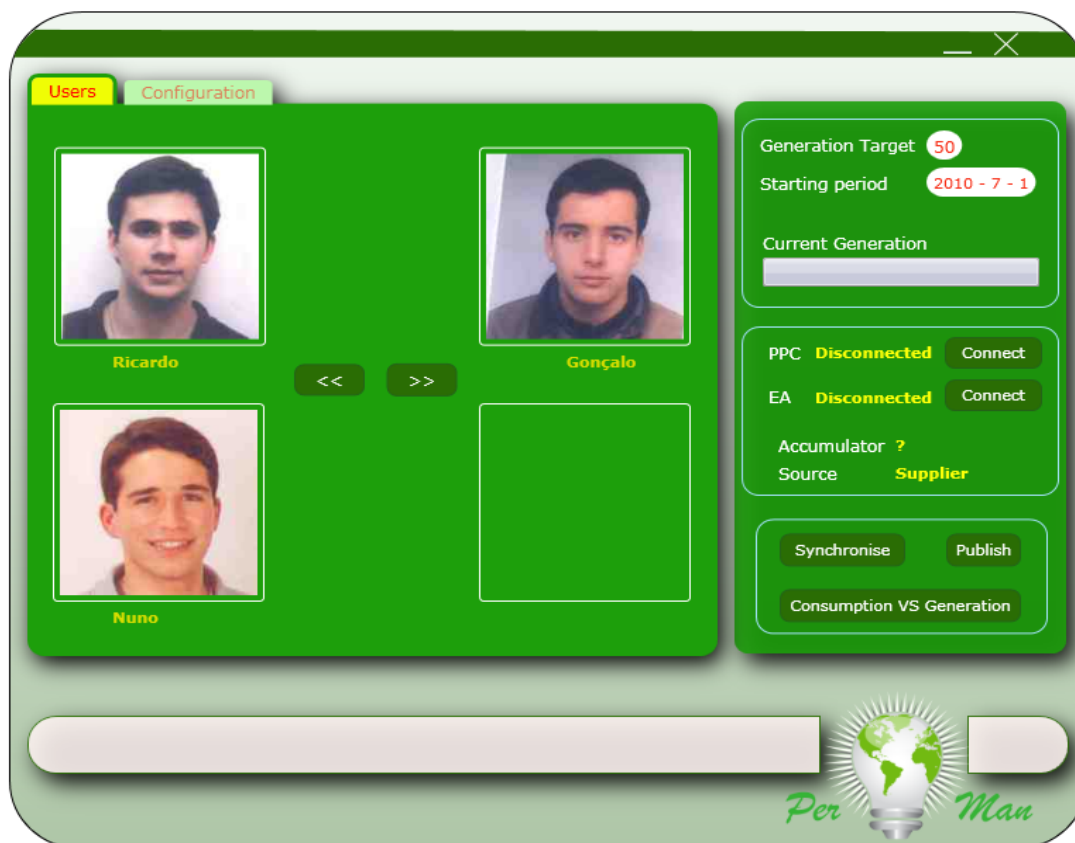


Figura 4-27 - Interface principal do EMS.

A interface principal do EMS (Figura 4-27) é composta por:

- Uma secção que separa as opções do Utilizador e do Administrador.
- Uma lista com os utilizadores já existentes no sistema.
- Uma secção de informação energética com o valor alvo de geração, uma barra de progresso relativo que mostra a relação entre o quanto já foi gerado e o valor alvo de geração e a respectiva data de começo do período energético actual.
- Uma secção que permite estabelecer ligações com o EMC e o acumulador da habitação e identificar qual a fonte energética seleccionada.
- Uma secção com a opção de sincronismo com o EMC, utilização do *web service* e ver o gráfico do consumo versus geração.

Para se aceder às opções do administrador, selecciona-se **Configuration**.

Estas opções estão agrupadas em quatro grupos: **Members**, **Activities**, **Energy** e **Advanced**. A Figura 4-28 apresenta a interface **Advanced** que permite a configuração dos parâmetros de comunicação com o EMC, comunicação com um simulador (utilizado em testes de desenvolvimento) e o endereço do *web service*. Após a configuração dos parâmetros estes devem ser validados através do botão **Apply**.



Figura 4-28 - Interface do Administrador com a opção Advanced seleccionada.

Com o EMC é apresentado ao utilizador a interface de entrada da Figura 4-29. A interface exibe o estado de ligação do dispositivo físico ao microgerador. Caso esteja, expõe o estado a pequena bateria. Seleccionando a opção **Configuration**, acede-se às configurações de comunicação

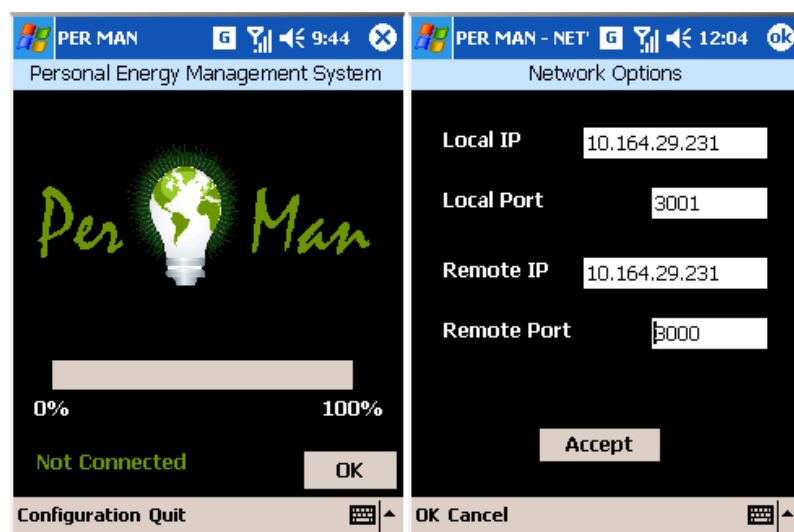


Figura 4-29 – Da esquerda para a direita: Interface de entrada do EMC e a interface com as opções de comunicação do EMC.

Voltando à interface da Figura 4-29, a lista de utilizadores existentes é exposta ao carregar no **OK**, no qual o utilizador deve escolher a sua identificação. Feito isto, apresenta-se a lista de actividades associadas ao utilizador e a respectiva informação da actividade (Figura 4-30).



Figura 4-30 – Da esquerda para a direita: interface com a lista de utilizadores e a interface com as actividades atribuídas ao utilizador previamente seleccionado.

Para começar a actividade, selecciona-se **Start Activity**, fazendo surgir a interface de geração. Esta interface apresenta ao utilizador, com o decorrer da actividade, o estado do nível da pequena bateria e o quanto foi gerado (Figura 4-31).

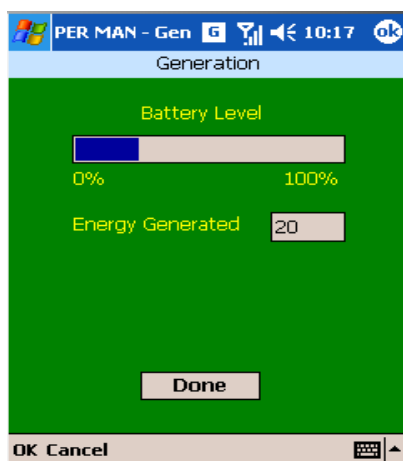


Figura 4-31 - Interface de geração do EMC.

Quando o utilizador desejar terminar a actividade, pressiona o **Done**. Quando isto é realizado, o EMC vai propor, ao utilizador, a sincronização dos dados desta actividade, tal como é apresentado na Figura 4-32 (e dados que não tenham sido sincronizados de actividades passadas).

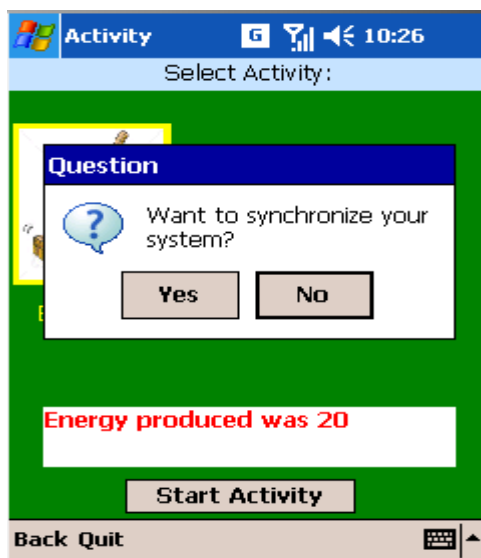


Figura 4-32 – Pedido de sincronismo do EMC.

Estes dados, ao serem aceites pelo EMS e inseridos na respectiva base de dados, contribuirão para a obtenção do valor alvo de geração (Figura 4-33).

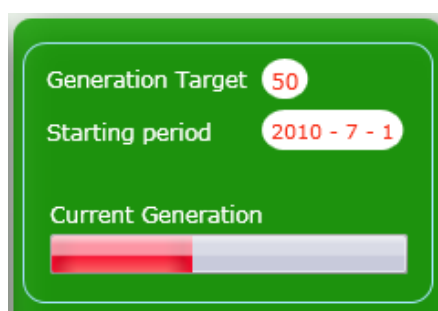


Figura 4-33 – Alteração na barra de progresso de geração existente no EMS.

Esta mesma geração pode ser verificada, pelo utilizador, no gráfico Geração versus Consumo (Figura 4-34), ao carregar na opção **Consumption VS Generation**. Trata-se de um gráfico de barras verticais que, dentro de um intervalo temporal (eixo

horizontal), compara a geração e o consumo (eixo vertical). Do lado direito do gráfico, apresentam-se opções para ordenar cronologicamente (e.g. dia, mês ou ano) e escolher o intervalo temporal que deve apresentar o gráfico.

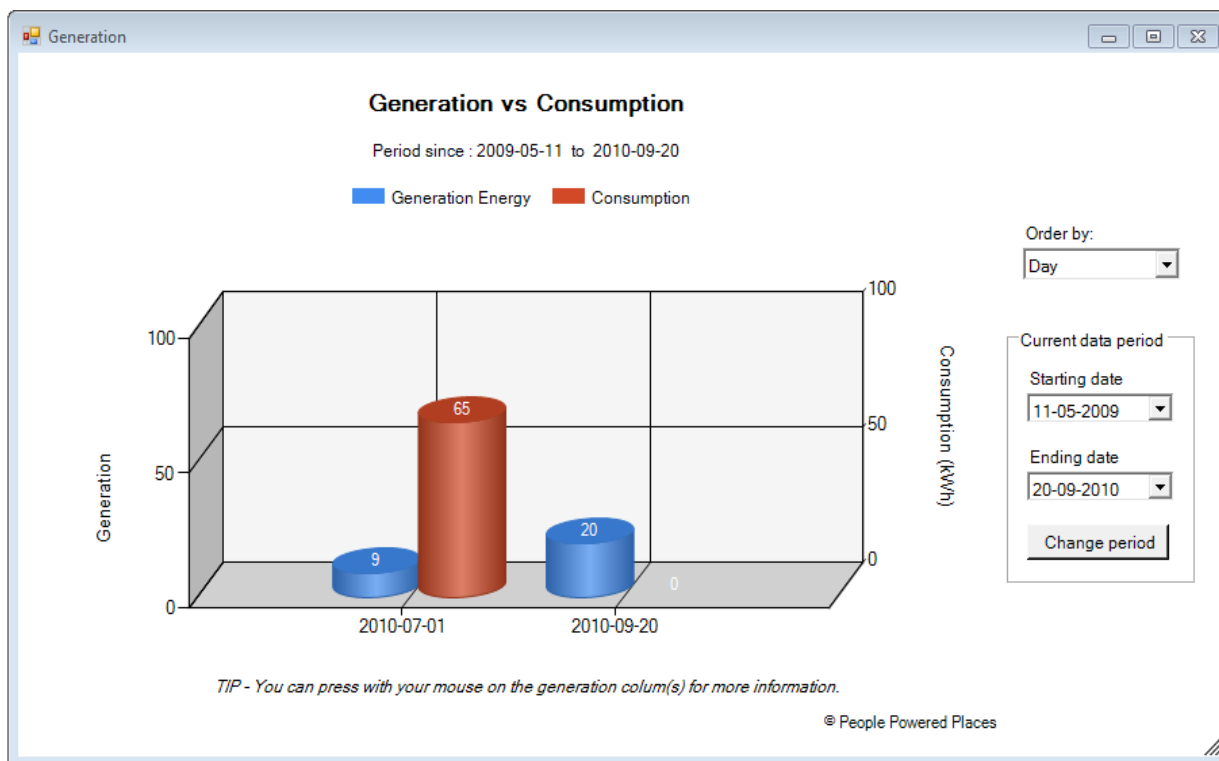
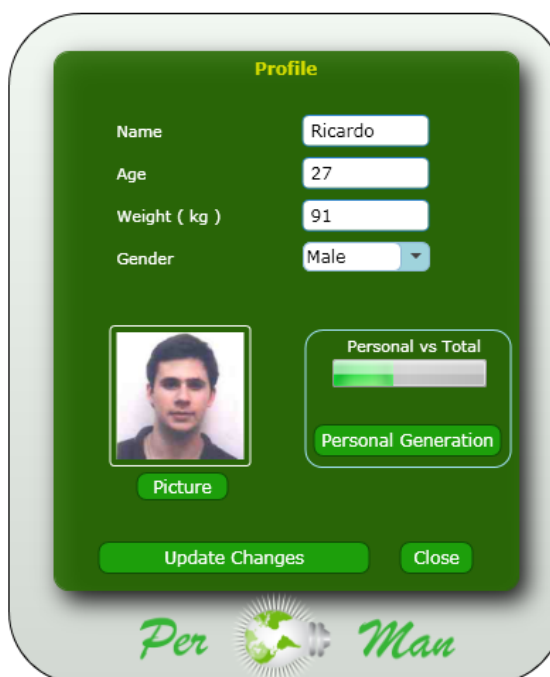


Figura 4-34 – Gráfico de Geração versus Consumo.

No gráfico apresentado estão presentes duas situações distintas. A primeira situação é um período que compara os valores de geração e o consumo desde 2009-05-11 até 2010-07-01. A segunda situação é referente ao cenário de exemplo apresentado nesta secção. Verifica-se a presença de geração pela actividade e a inexistência de consumo. O valor de consumo é apenas apresentado quando o utilizador recebe a factura em casa e insere no EMS, finalizando um período.

Para o acesso de gráficos referentes às gerações pessoais, o utilizador deve seleccionar um dos perfis já existentes na interface inicial do EMS. Como mostra a Figura 4-35 surgirá o perfil associado, o progresso do utilizador comparativamente ao total gerado e a possibilidade de ver o gráfico histórico pessoal de geração (opção **Personal Generation**).



The image shows a 'Profile' window with a green background. It contains input fields for Name (Ricardo), Age (27), Weight (91 kg), and Gender (Male). There is a 'Picture' button next to a placeholder image of a man. A 'Personal vs Total' progress bar is shown, followed by a 'Personal Generation' button. At the bottom are 'Update Changes' and 'Close' buttons. A logo with the text 'Per Man' and a globe icon is at the very bottom.

Figura 4-35 – Interface que mostra o perfil de um Utilizador.

A Figura 4-36 é um gráfico de barras verticais que, dentro de um intervalo temporal (eixo horizontal), expõe a geração (eixo vertical) pelo utilizador. Do lado direito do gráfico, apresentam-se opções para ordenar por dia, mês ou ano e escolher o intervalo temporal que deve apresentar o gráfico.

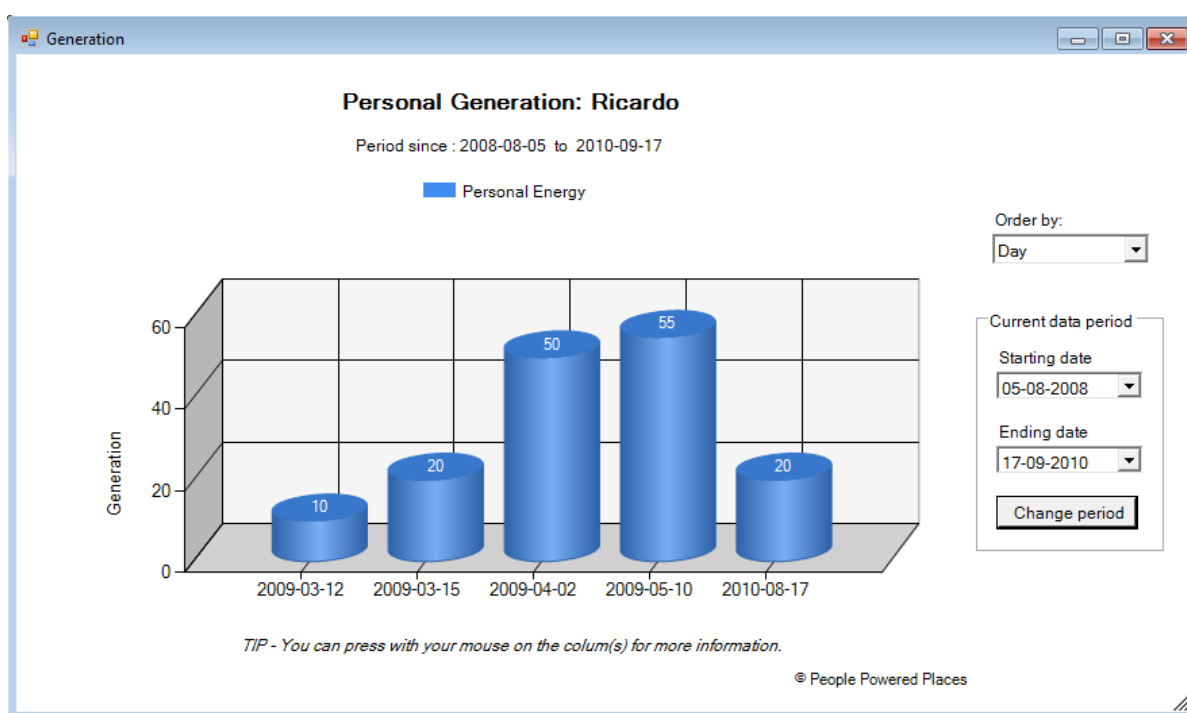


Figura 4-36 – Gráfico do Histórico Pessoal de Geração.

O gráfico anterior apresentado representa a geração pessoal compreendida entre 2008-08-05 e 2010-09-17 estando as gerações pessoais agrupadas por dia. Para discriminar as actividades realizadas num determinado dia, basta seleccionar a respectiva barra vertical. Na Figura 4-37, apresenta-se o gráfico de actividades quando seleccionado o dia 2009-05-10.

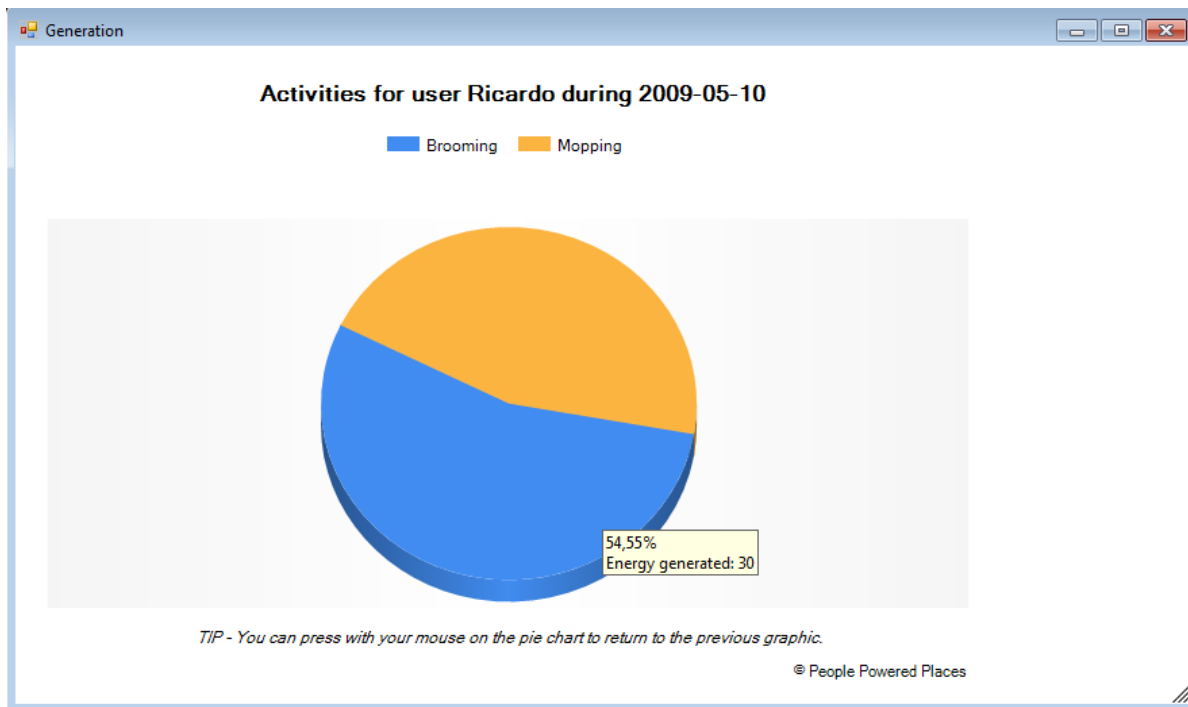


Figura 4-37 – Gráfico de actividades.

O gráfico de actividades é um gráfico circular, separado de acordo com o número de actividades realizadas e pela percentagem de geração que estas representam para o dia seleccionado. Neste caso exemplificativo, existem duas actividades (*Brooming* e *Mopping*) e aparece o quanto foi gerado pelo *Brooming* e a respectiva percentagem.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este capítulo apresenta uma síntese do trabalho efectuado, tendo em conta os objectivos anunciados no primeiro capítulo. Posteriormente, comentam-se os contributos deste trabalho e possíveis trabalhos futuros.

5.1. Síntese Geral

A energia é um elemento imprescindível no quotidiano do homem. Quando o homem, na sua procura energética, se excede, sem ter em conta os custos ambientais, criam-se problemas no desenvolvimento e estado do ser humano. A dependência energética é uma fonte de impactos, por parte do homem, no seu próprio planeta.

Por outro lado, o homem, ao ter consciência da dependência energética e que as fontes fósseis que alimentam o seu desenvolvimento estão a desaparecer, tem procurado soluções tecnológicas em fontes energéticas renováveis.

O trabalho apresentado nesta dissertação tem como propósito o desenvolvimento de um software, denominado *HumanEnergySystem*, que sirva de apoio ao processo de microgeração humana. O *HumanEnergySystem* tem, como objectivo, suportar o utilizador nas suas actividades de geração e permitir uma gestão energética eficiente.

De modo a suportar este objectivo, o *HumanEnergySystem* apresenta as seguintes funcionalidades:

- Permite aceder a um ambiente de gestão versátil sobre os perfis dos utilizadores, actividades existentes e parâmetros energéticos.

- Permite potenciar o desempenho da geração energética, ao serem atribuídas as actividades fisicamente mais apropriadas de acordo com o perfil do utilizador.
- Permite, ao utilizador, monitorizar e informar-se sobre a produtividade da actividade que está a realizar como processo de geração energética.
- Permite, ao utilizador, aceder a informação gráfica referente ao seu desempenho de geração energética, onde é possível verificar-se a evolução histórica de geração e de consumo energético.
- Permite ao utilizador aceder a servidores na *internet* possibilitando a publicação dos dados energéticos.
- Permite ao utilizador pertencer a um ambiente que motiva o esforço conjunto, devido à existência de um objectivo comum de geração a alcançar dentro da habitação.

5.2. Contribuição da Pesquisa

Na presente dissertação foram mostradas as diversas áreas dos sistemas de microgeração que actualmente existem em habitações e exemplos de software já existentes no mercado que actuam sobre esses sistemas. As tecnologias de microgeração humana estão a começar a surgir nos tempos que correm, não só para o homem e respectivo uso individual, mas também na sociedade onde o colectivo torna viável a aplicação destas.

O trabalho desenvolvido apresenta-se como uma contribuição no suporte às tecnologias de que tirem proveito da microgeração humana proveniente dos movimentos naturais. A implementação do *HumanEnergySystem*, mostra que é possível gerir a energia proveniente de uma tecnologia que tire proveito dos movimentos do ser humano durante a realização de uma actividade.

Como já tinha sido indicado na secção 1.4, o autor desta dissertação participou com uma equipa no concurso *Microsoft Imagine Cup 2009* na competição de desenvolvimento de software. O *HumanEnergySystem* foi desenvolvido dentro do projecto PER-MAN e obteve-se o 1º lugar no concurso nacional, possibilitando a representação de Portugal na final mundial.

5.3. Trabalhos Futuros

O *HumanEnergySystem* é um software que possibilita detalhes e conceitos que não foram implementados, nomeadamente:

- Que o software permitisse a criação e gestão de planos de actividades adaptados especificamente ao perfil do utilizador. Seria mais uma via de motivação e permitiria maximizar a geração energética em longo prazo.
 - Permitir a gestão mais inteligente das actividades atribuídas aos utilizadores. Uma possibilidade seria em permitir a configuração de um conjunto de regras que definissem, que de acordo com o perfil de utilizador, seria atribuído determinada actividade.
 - A possibilidade de negociar o contracto energético baseado nos dados de geração da habitação.
 - Permitir inserir automaticamente os valores de consumo energético. Em vez de o utilizador inserir manualmente os dados da factura que recebe em casa, permitir que através de um dispositivo externo (ex: um contador inteligente), se torne um acto automático.
-

BIBLIOGRAFIA

1. Holdren, J.P., *Population and the energy problem*. Population & Environment, 1991. **12**(3): p. 231-255.
2. Agency, I.E., *Renewables In Global Energy Supply*. 2007.
3. Assunção, A.M.C.d., *Integração de microgeração em larga escala nas redes de baixa tensão*. 2008, Instituto Politécnico de Bragança. p. 95.
4. Sauter, R., et al., *Economic Analysis of Micro-generation Deployment Models*. 2006. **Working Paper Series Number 2006/1**.
5. Association, B.W.E. *Research and publications*. 2010; Disponível em: www.bwea.com.
6. Tecnológica, A.N.P.A.C.C.e. *Guia Didático de Energia Solar*. Conversão Fotovoltaica da Energia Solar 2010; Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/rede/energia/himalaya2005/home/indice.asp>.
7. PER. *Portal das Energias Renováveis*. 2010 04-05-2010; Disponível em: <http://www.energiasrenovaveis.com/>.
8. Energy, N. *Solar Fotovoltaico - Fotovoltaico*. 2010; Disponível em: http://www.naturalenergy.com.pt/site/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=54.
9. Kalogirou, S.A., *Solar thermal collectors and applications*. Progress in Energy and Combustion Science, 2004. **30**(3): p. 231-295.
10. American Wind Energy Association. *Wind Energy Basics*. 2010; Disponível em: http://www.awea.org/faq/www_basics.html.
11. RenewableUK, *Small Wind Systems Market Report 2010*. 2010: London. p. 18.
12. Simader, G.R., R. Krawinkler, e G. Trnka, *Micro CHP systems: state-of-the-art*. D.F. Unterperfinger, Editor. 2006, Austrian Energy Agency: Vienna. p. 68.
13. Harrison, J., *Microgeneration & micro CHP*. Modern Power Systems, 2008: p. 24.
14. Mustafa Omer, A., *Ground-source heat pumps systems and applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008. **12**(2): p. 344-371.
15. Lora, E.S. e R.V. Andrade, *Biomass as energy source in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009. **13**(4): p. 777-788.
16. Altener, *Bioenergia - manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. 2004.
17. Paradiso, T.S.a.J.A., *Human Generated Power for Mobile Electronics*, in *Low Power Electronics Design*. 2004, CRC Press. p. 1--35.
18. Donelan, J.M., et al., *Biomechanical Energy Harvesting: Generating Electricity During Walking with Minimal User Effort*. Science, 2008. **319**(5864): p. 807-810.
19. Ramsay, et al., *Piezoelectric energy harvesting for bio MEMS applications*. Vol. 4332. 2001, Bellingham, WA, INTERNATIONAL: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. X, 500 p.
20. Page, S. *Piezoelectric Energy*. 2010; Disponível em: <http://www.biofuelswatch.com/piezoelectric-energy-2/>.
21. Chapa, J. *Energy-Generating Floors to Power Tokyo Subways*. 2008; Disponível em: <http://www.inhabitat.com/2008/12/11/tokyo-subway-stations-get-piezoelectric-floors/>.

22. Trotter, C. *Dancefloor generates electricity at London's first eco-disco!* 2008; Disponível em: <http://www.inhabitat.com/2008/07/16/green-a-go-go-at-londons-first-eco-disco/>.
 23. Davies, L. *Pavement power lights up Toulouse.* 2010; Disponível em: <http://www.guardian.co.uk/world/2010/apr/13/pavement-power-toulouse-streets>.
 24. Nessie. *Hong Kong Gym Generates Electricity While Exercising.* 2007; Disponível em: <http://dietmotion.com/hong-kong-gym-generates-electricity-while-exercising.html>.
 25. Ltd, B.S. *Energy Lens - Energy management made easy.* 2010; Disponível em: <http://www.energylens.com/>.
 26. Ltd, A. *AlertMe Energy.* 2010; Disponível em: <http://www.alertme.com/>.
 27. Monitoring, O. *Optimal Monitoring System.* 2010; Disponível em: <http://www.optimalmonitoring.com/>.
 28. Networks, S. *CustomerIQ™ Web Portal* CustomerIQ Web Portal 2009; Disponível em: <http://silverspringnetworks.com/products/customeriq.html>.
 29. Corporation, S. *SunPower Residential.* 2010; Disponível em: <http://us.sunpowercorp.com/residential/products-services/>.
 30. Technology, S.S. *Flashview.* 2010; Disponível em: http://www.sma-america.com/en_US/products/software/flashview.html.
 31. Microsoft. *Microsoft Visual Studio.* 2010; Disponível em: <http://www.microsoft.com/visualstudio/en-us/>.
 32. Microsoft. *Microsoft Expression Blend.* 2010; Disponível em: http://www.microsoft.com/expression/products/blend_overview.aspx.
 33. Microsoft. *Microsoft SQLServer 2008.* Disponível em: <http://www.microsoft.com/sqlserver/2008/en/us/default.aspx>.
 34. International, V.P. *Visual Paradigm.* 2010; Disponível em: <http://www.visual-paradigm.com>.
 35. Watson, K., *Beginning Visual C#.* 2002.
-

ANEXO A. DIAGRAMAS DE CLASSES

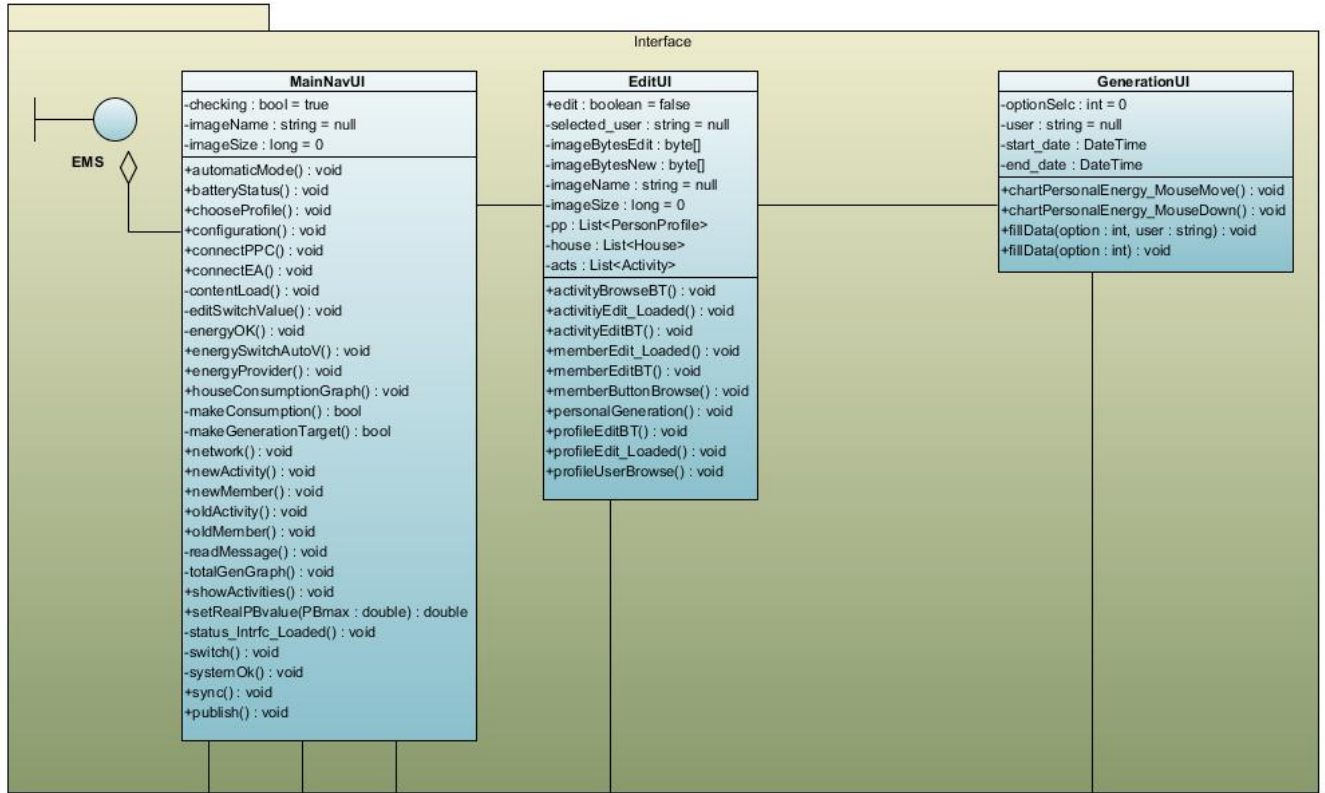


Figura A-1 - Diagrama de classes do EMS – Camada Interface.

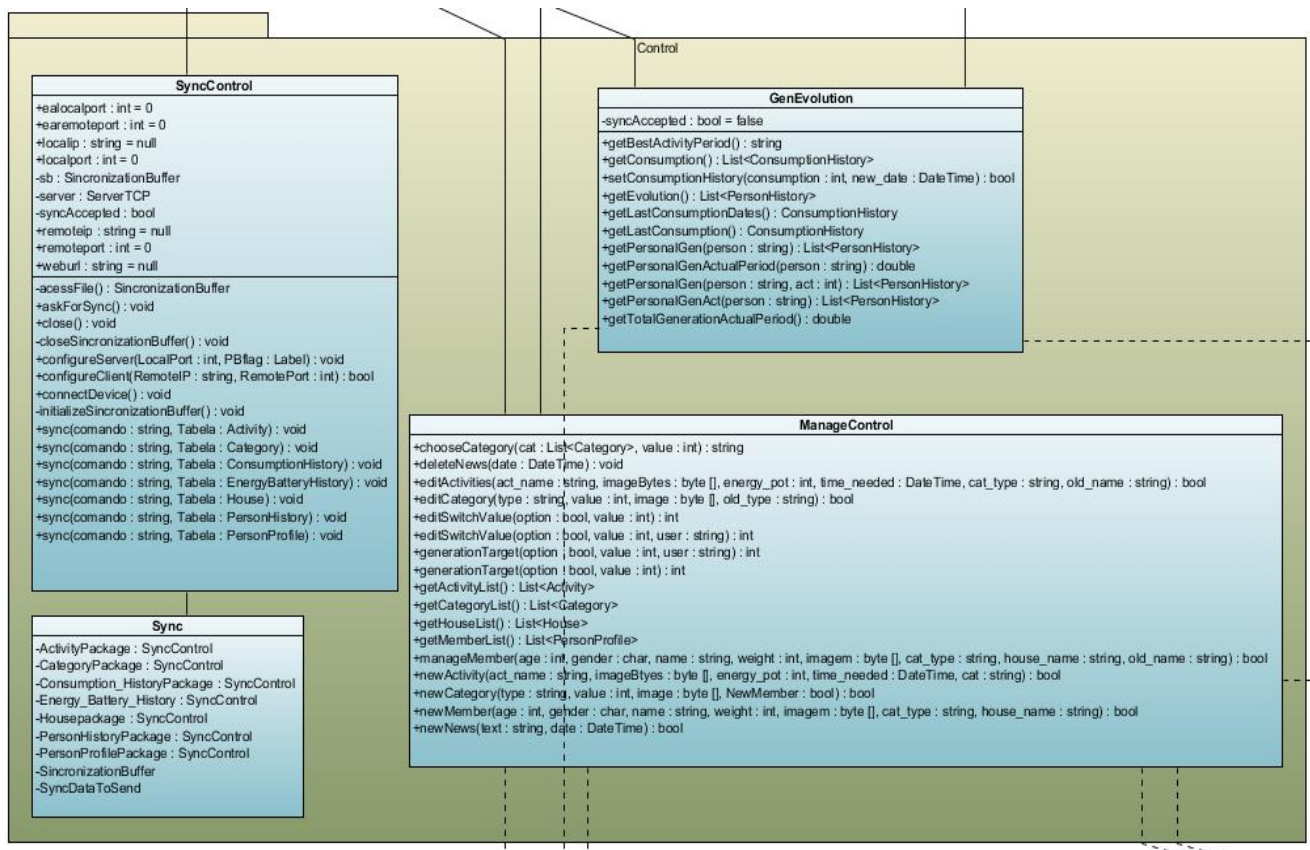


Figura A-2 - Diagrama de classes do EMS – Camada Control.

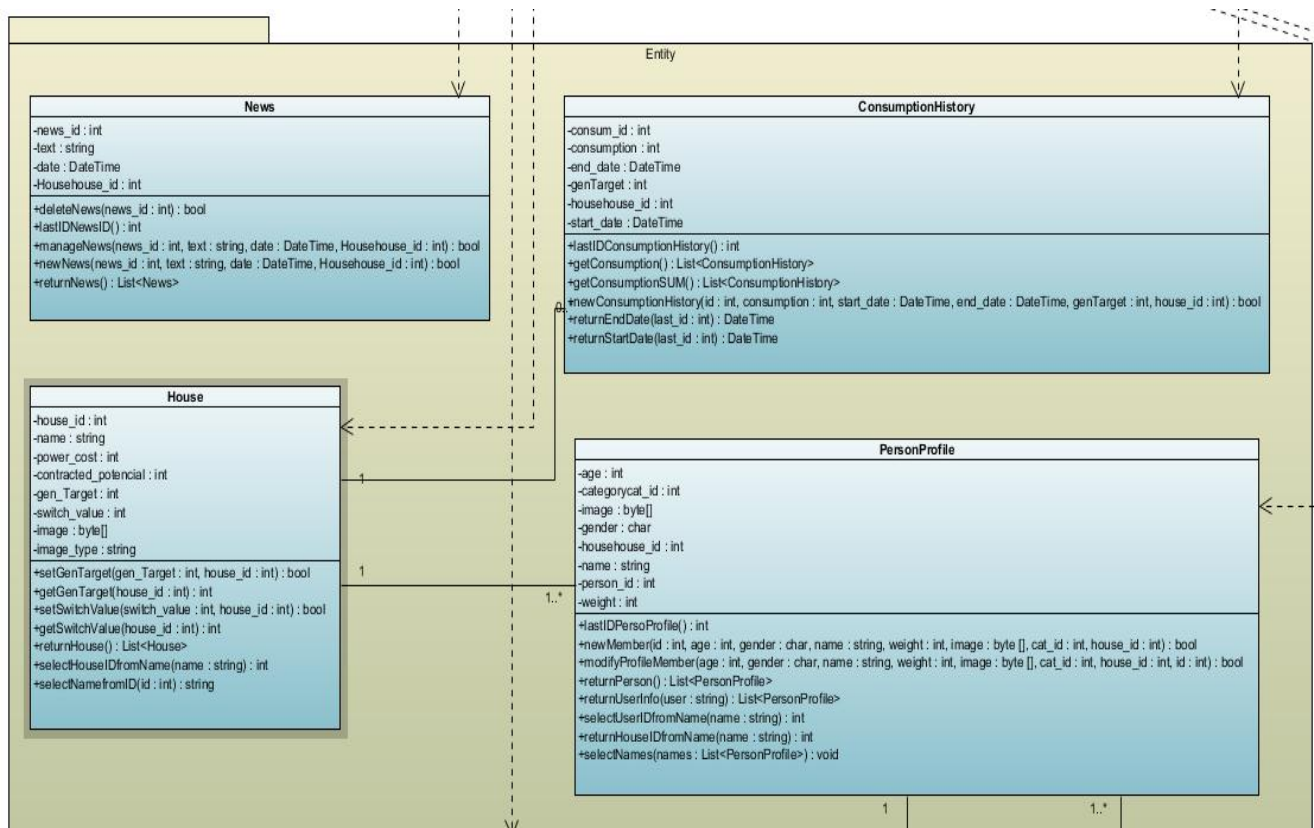


Figura A-3 - Diagrama de classes do EMS – Camada Entity – Parte1

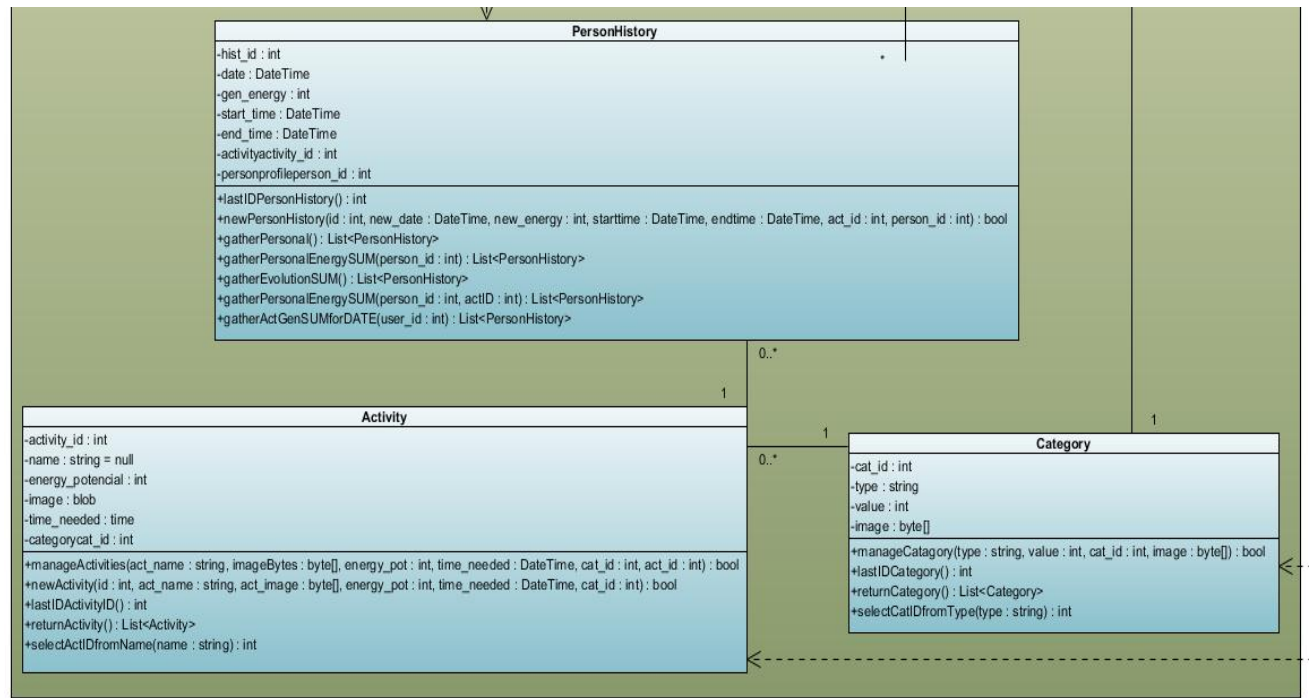


Figura A-4 - - Diagrama de classes do EMS – Camada Entity – Parte2.

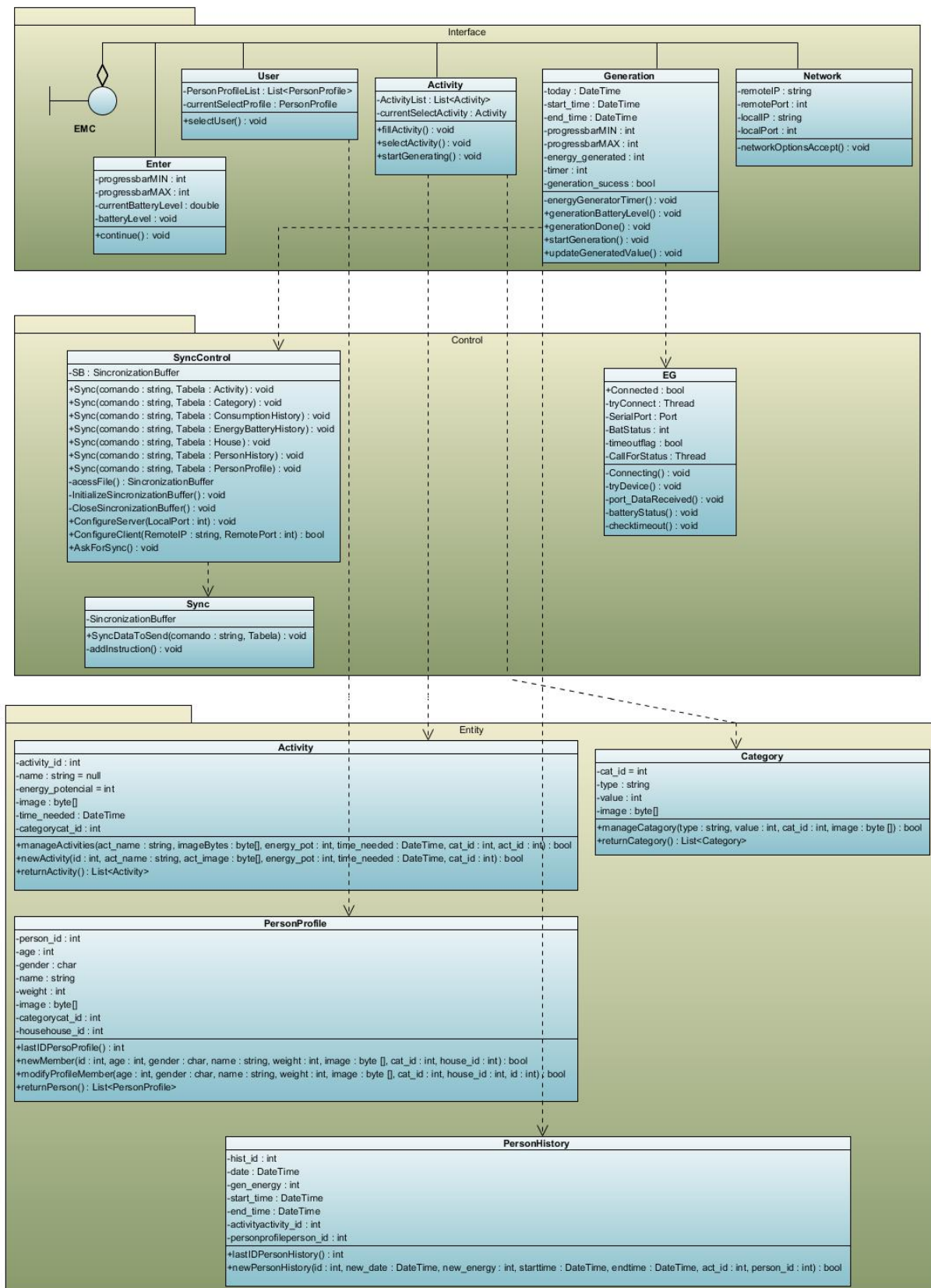


Figura A-5 - Diagrama de classes do EMC.

ANEXO B. DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DO EMS

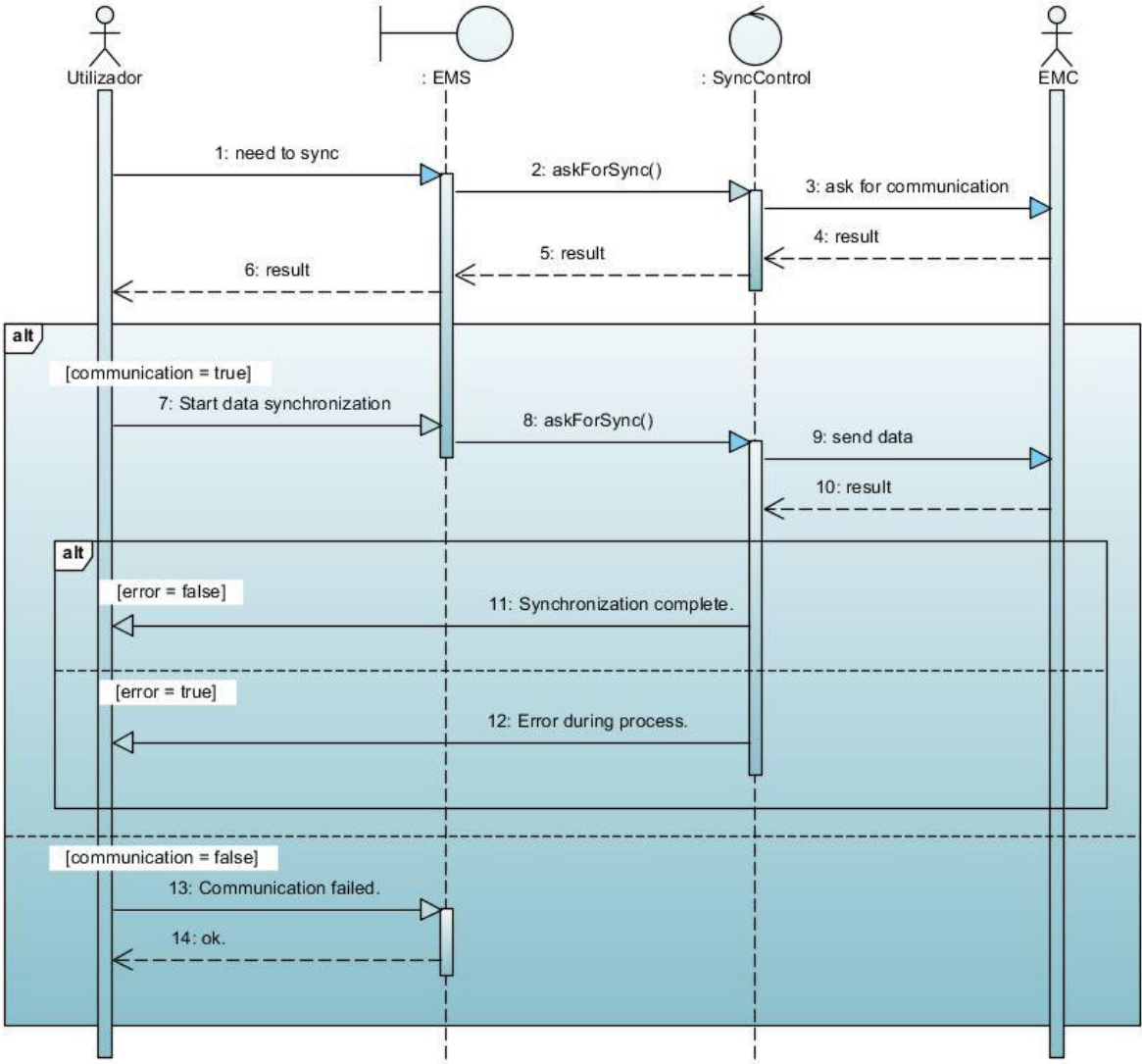


Figura B-1 – Diagrama de sequência Sincronizar.

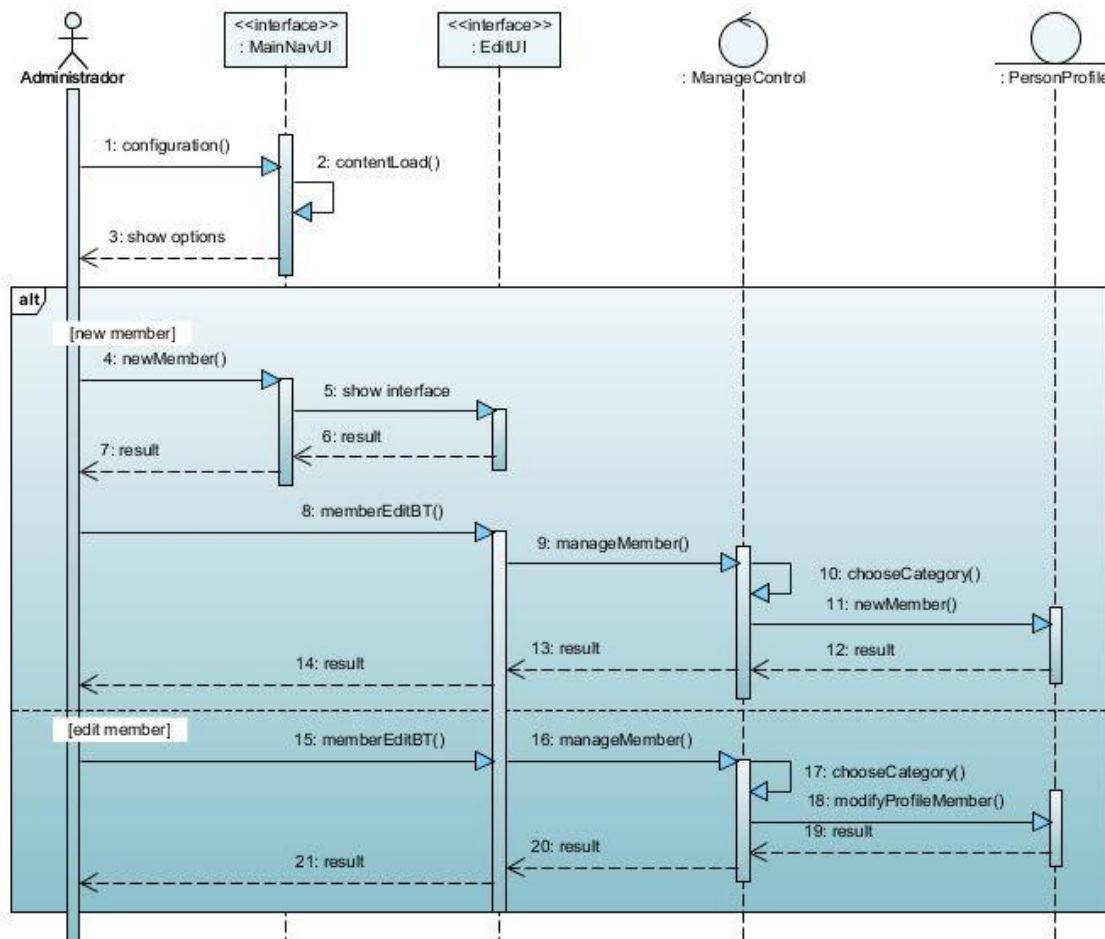


Figura B-2 – Diagrama de sequência Gerir indivíduos.

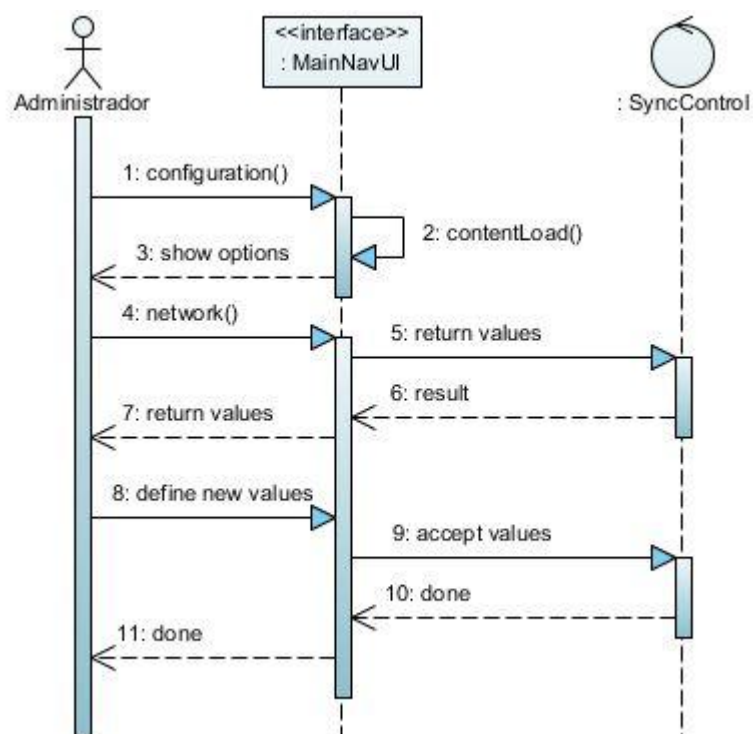


Figura B-3 – Diagrama de sequência Definir Opções de Comunicação.

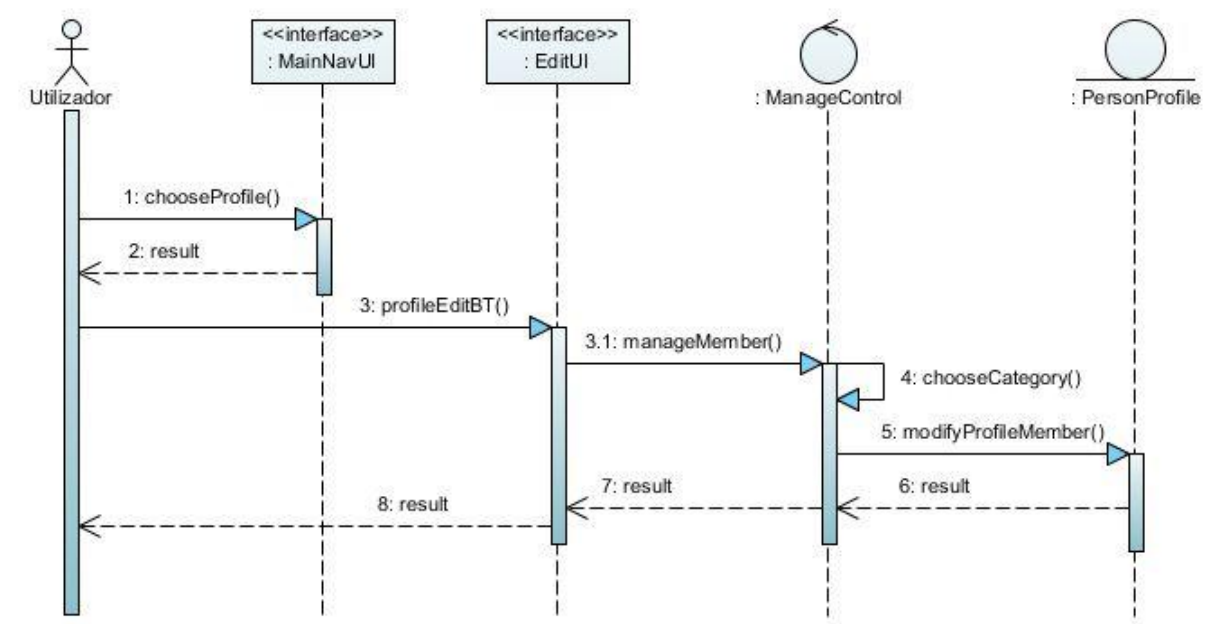


Figura B-4 – Diagrama de sequência Editar Perfil.

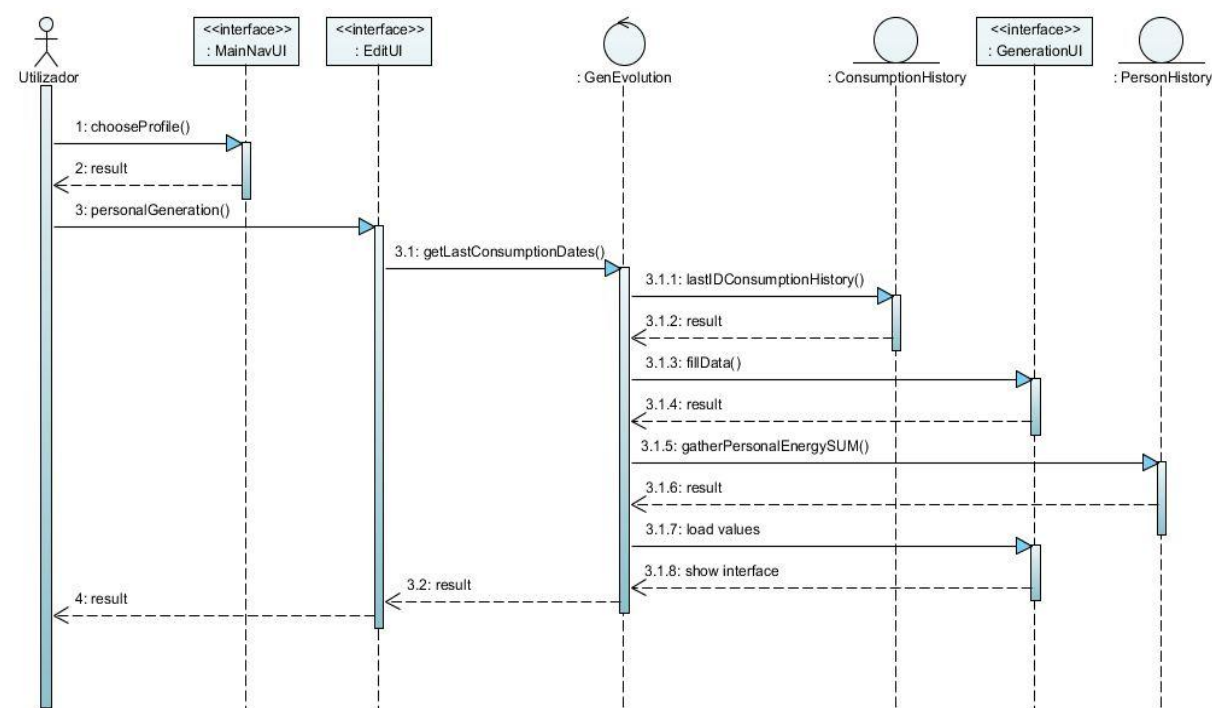


Figura B-5 – Diagrama de sequência Mostrar Histórico Pessoal de Geração.

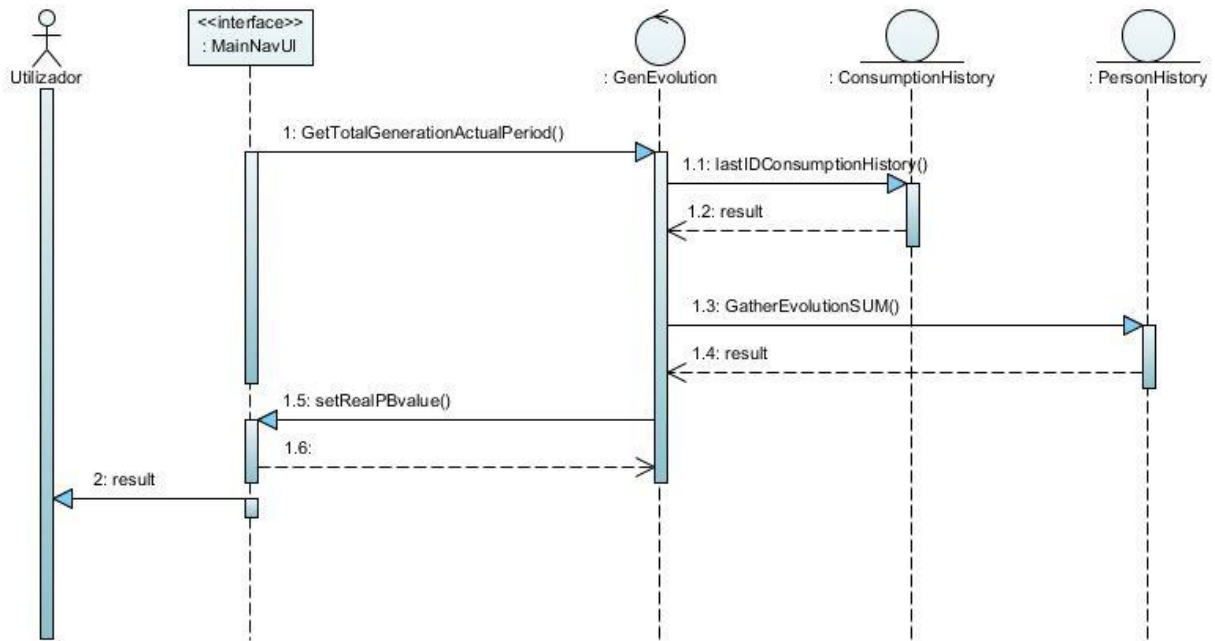


Figura B-6 – Diagrama de sequência Mostrar Evolução de Geração Energética.

ANEXO C. DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIA DO EMC

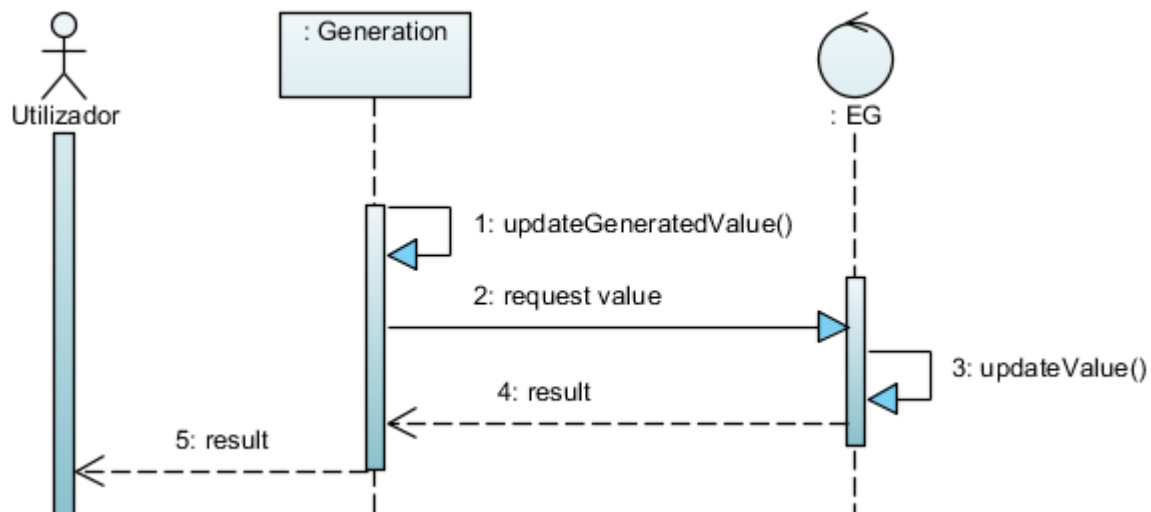


Figura C-1 – Diagrama de sequência Mostrar Progresso de Geração.

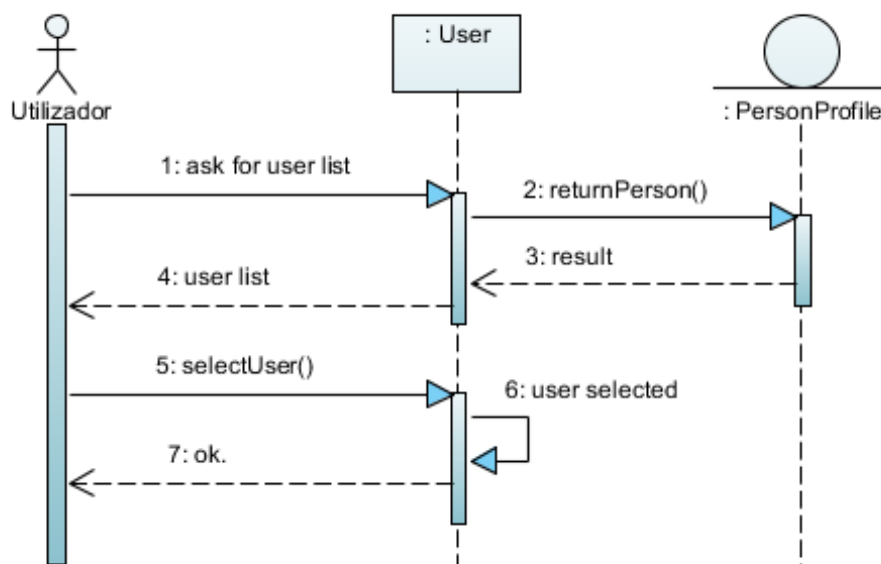


Figura C-2 – Diagrama de sequência Seleccionar Utilizador.

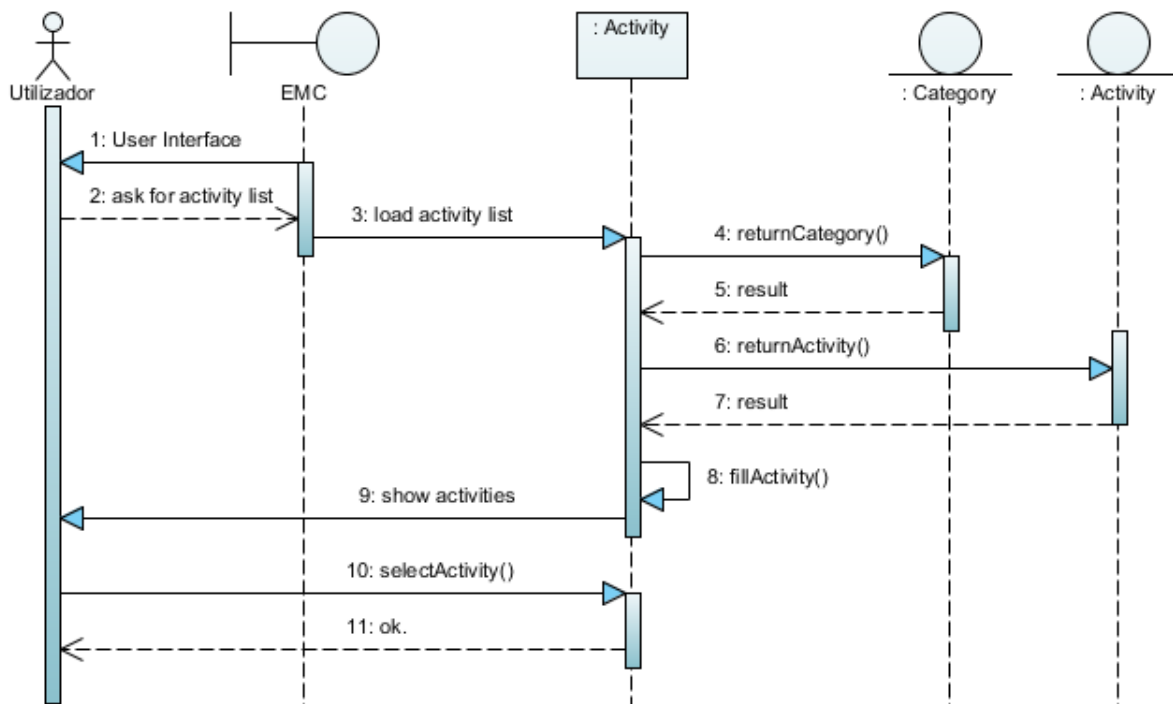


Figura C-3 - Diagrama de sequência Seleccionar Actividade.

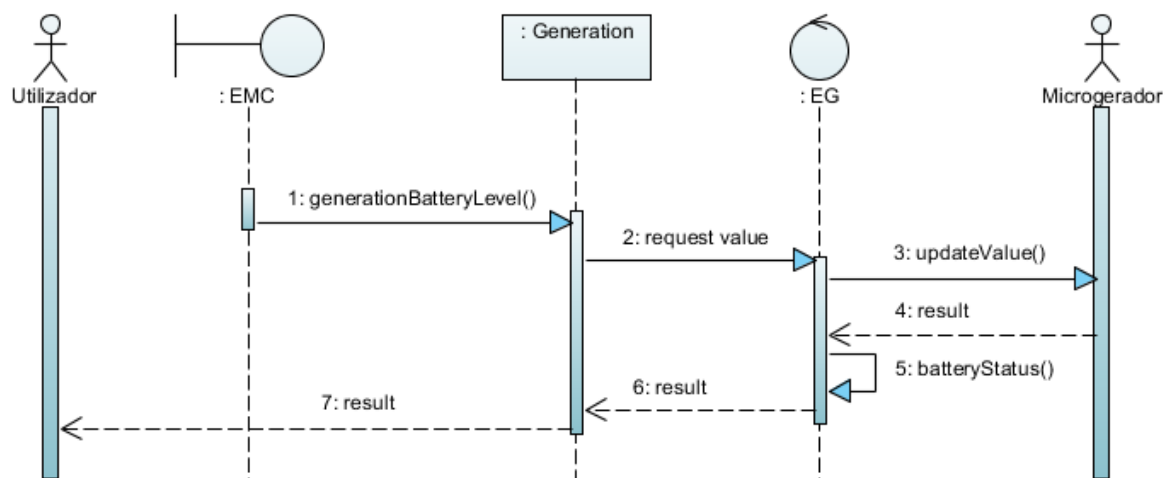


Figura C-4 - Diagrama de sequência Mostrar Nível de Bateria.

ANEXO D. OUTROS EXEMPLOS DE INTERFACE

Aqui serão expostos resultados de outros exemplos de utilização que não foram considerados na secção 4.3 - Cenário de Validação. De seguida, é apresentado o menu do administrador, na selecção **Configuration** e respectivos grupos **Members** (Figura D-1), **Activities** (Figura D-3) e **Energy**.

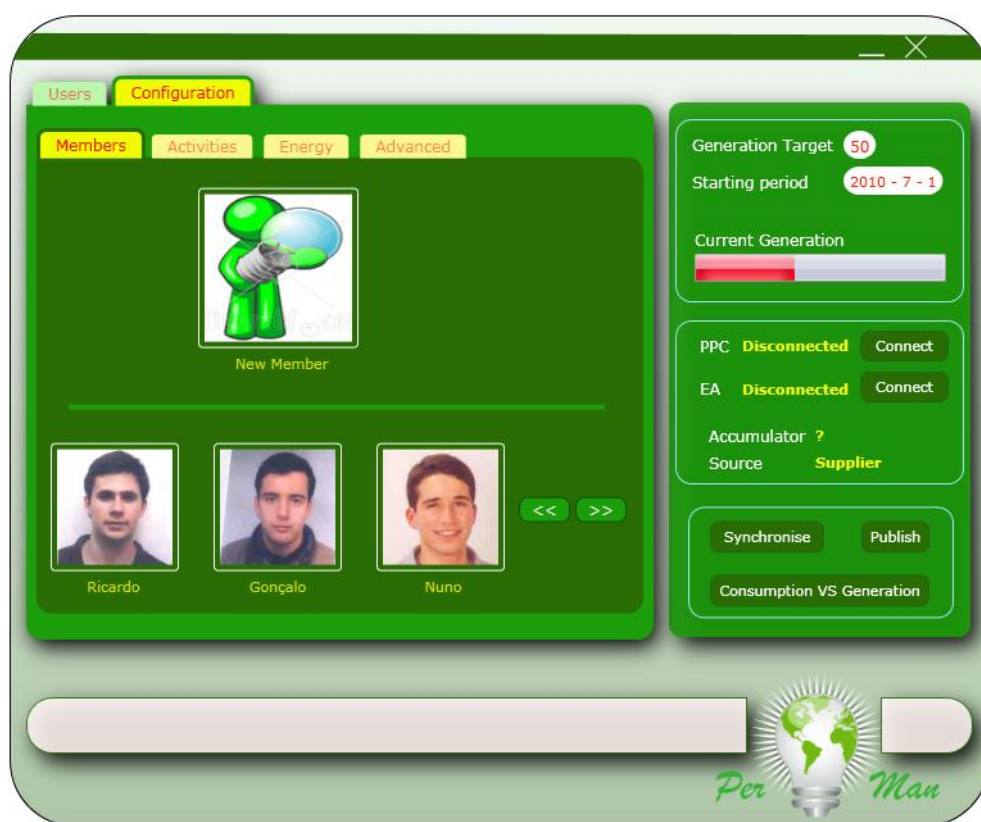


Figura D-1 - Interface do Administrador com a opção Advanced seleccionada.

Dentro da opção **Members** para se criar um novo utilizador é seleccionada a opção **New Member**. É apresentado um menu de criação com as devidas opções do perfil de um utilizador. Preenchendo os campos e pressionando **Create** adiciona-se ao *HumanEnergySystem* o novo membro (Figura D-2).



Figura D-2 – Criação de um novo membro no *HumanEnergySystem*.

Como é mostrado na Figura D-3 na opção **Activities** é apresentada a lista de actividades e a possibilidade de criar uma nova actividade ou editar as já existentes.

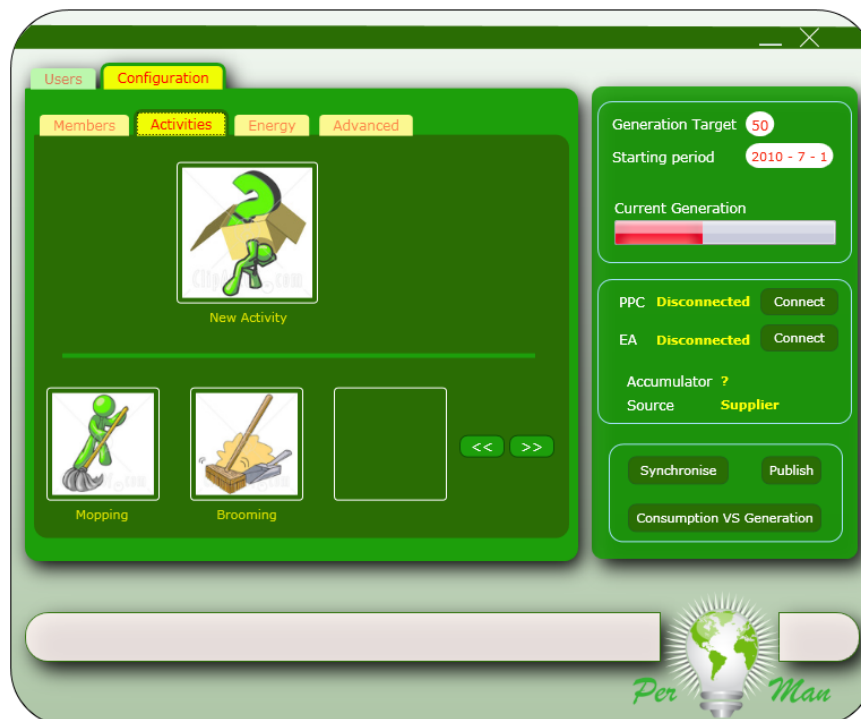


Figura D-3 - Interface do Administrador com a opção **Activities** seleccionada.

Ao seleccionar uma das actividades existentes é apresentado o menu para editar os campos da actividade. A Figura D-4 mostra o perfil da actividade Mopping e os respectivos campos editáveis.



Figura D-4 – Editar actividade Mopping.

Voltando ao menu do **Administrador**, com a opção **Energy** é apresentado as opções relacionadas com a energia (Figura D-5). Aqui é possível o utilizador inserir os dados relativos à factura energética, mudar o valor alvo de geração, decidir com que valor percentual do acumulador este deve começar a fornecer energia em modo automático ou fazer a troca manualmente.



Figura D-5 - Interface do Administrador com a opção Energy seleccionada.

Ao voltar ao menu principal do EMS é possível visualizar o novo membro na lista de utilizadores (Figura D-6).



Figura D-6 – Menu principal do EMS com o novo utilizador.